

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-047194

(43)Date of publication of application : 18.02.2000

(51)Int.Cl.

G02F 1/1335  
G02B 5/30  
G02F 1/133  
G09F 9/35

(21)Application number : 10-198464

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 14.07.1998

(72)Inventor : KUBO MASUMI

NARUTAKI YOZO

FUJIOKA SHIYOUGO

MARUYAMA HIROKO

SHIMADA NAOYUKI

YOSHIMURA YOJI

KATAYAMA MIKIO

ISHII YUTAKA

(30)Priority

Priority number : 09359047    Priority date : 26.12.1997    Priority country : JP  
10142412    25.05.1998

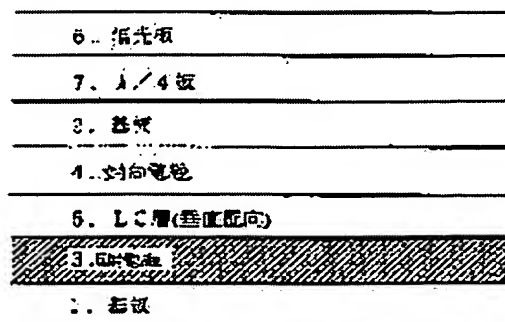
JP

(54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To permit a display with high contrast with respect to a display device provided with both a reflective mode and a transmission mode.

SOLUTION: A reflective electrode 3 is formed on a substrate 1, a counter electrode 4 is formed on a substrate 2, and a vertical alignment liquid crystal layer 5 composed of a liquid crystal material exhibiting negative dielectric anisotropy, is held between the reflective electrode 3 and the counter electrode 4. A  $\lambda/4$  plate 7 is located on a surface of the substrate 2 at the rear of the side on which the counter electrode 4 is formed and a slow axis of the  $\lambda/4$  plate 7 is located being inclined  $45^\circ$  to a direction of a long axis of liquid crystal molecules under an applied voltage to the liquid crystal layer 5. Subsequently a polarizing plate 6 is located on a surface of the  $\lambda/4$  plate 7 at the rear side of the substrate 2 and a



transmission axis of the polarizing plate 6 is made to coincide with the direction of the long axis of liquid crystal molecules at an applied voltage to the liquid crystal layer 5.

---

#### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3410665

[Date of registration] 20.03.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] On the other hand, have the substrate and the another side substrate with which the counterelectrode was formed which have the field which has a reflex function and a transparency function, and it sets to said liquid crystal display with which the liquid crystal layer was pinched between the substrate and said another side substrate on the other hand. The 1st polarization means formed in the field opposite to the liquid crystal layer of said another side substrate, The liquid crystal display characterized by having the 1st phase contrast plate prepared between the 2nd polarization means formed in said field opposite to the liquid crystal layer of a substrate on the other hand, said 1st polarization means, and said liquid crystal layer, and the 2nd phase contrast plate prepared between said 2nd polarization means and said liquid crystal layers.

[Claim 2] It is the liquid crystal display according to claim 1 characterized by setting the retardation of said 1st phase contrast plate and said 2nd phase contrast plate as  $\lambda/4$  conditions when the liquid crystal molecule of said liquid crystal layer has turned to the perpendicular direction of a substrate side in general and there is almost no retardation of said liquid crystal layer.

[Claim 3] It is the liquid crystal display according to claim 1 characterized by setting the retardation of said 1st phase contrast plate as conditions ( $\lambda/4-\alpha$ ) when the liquid crystal molecule of said liquid crystal layer has turned to the perpendicular direction of a substrate side in general and the retardation of the liquid crystal layer of said reflective field is  $\alpha$ .

[Claim 4] When the liquid crystal molecule of said liquid crystal layer has turned to the perpendicular direction of a substrate side in general and the retardation of the liquid crystal layer of said reflective field is [ the retardation of the liquid crystal layer of  $\alpha$  and said transparency field ]  $\beta$  The liquid crystal display according to claim 1 characterized by setting the retardation of said 1st phase contrast plate as conditions ( $\lambda/4-\alpha$ ), and setting the retardation of said 2nd phase contrast plate as conditions ( $\lambda/4-(\beta-\alpha)$ ).

[Claim 5] The liquid crystal display according to claim 1 to 4 characterized by for said 1st phase contrast plate and the 2nd phase contrast plate consisting of  $\lambda/4$  plate, and for the include angle of the transparency shaft of said 1st polarization means and said 1st phase contrast plate to make being 45 degrees, and the include angle of the transparency shaft of said 2nd polarization means and said 2nd phase contrast plate to make being 45 degrees.

[Claim 6] In the liquid crystal display with which it has the substrate and the another side substrate with which the counterelectrode was formed with which the reflector was formed, and the perpendicular orientation liquid crystal layer using the liquid crystal ingredient in which said dielectric constant anisotropy negative to between a substrate and said another side substrates on the other hand is shown was pinched on the other hand It is the liquid crystal display which has the polarizing plate prepared in the field opposite to said liquid crystal layer of said another side substrate, and said polarizing plate and  $\lambda/4$  plate formed between said reflectors, and is characterized by setting up the delay shaft of the  $\lambda/4$  aforementioned plate in the direction leaned 45 degrees to the transparency shaft of said polarizing plate.

[Claim 7] The liquid crystal display according to claim 6 characterized by having an optical compensation layer between said reflectors and said polarizing plates.

[Claim 8] On the other hand, it has the substrate and the another side substrate with which the counterelectrode was formed which have the reflective field in which the reflector was formed, and the transparency field in which the transparent electrode was formed. In the liquid crystal display with which the perpendicular orientation liquid crystal layer using the liquid crystal ingredient in which said dielectric constant anisotropy negative to between a substrate and said another side substrates on the other hand is shown was pinched The 1st polarizing plate prepared in the field opposite to said liquid crystal layer of said another side substrate, The 2nd polarizing plate prepared in said field opposite to said liquid crystal layer of a substrate on the other hand, Said 1st polarizing plate and the 1st  $\lambda/4$  plate prepared between said liquid crystal layers, It has said 2nd polarizing plate and the 2nd  $\lambda/4$  plate prepared between said liquid crystal layers. The transparency shaft of said 1st polarizing plate and the 2nd polarizing plate It is the liquid crystal display characterized by being set up in the same direction and setting up the

delay shaft of said 1st lambda/4 plate and the 2nd lambda/4 plate in the direction which is the same direction and was respectively leaned 45 degrees to the transparency shaft of said 1st polarizing plate and the 2nd polarizing plate.

[Claim 9] The liquid crystal display according to claim 8 characterized by having the optical compensation layer of at least one sheet between the 1st aforementioned polarizing plate and the 2nd polarizing plate.

[Claim 10] The liquid crystal display according to claim 6 to 9 characterized by adding chiral material into the liquid crystal ingredient in which said negative dielectric constant anisotropy is shown.

[Claim 11] The liquid crystal display according to claim 10 characterized by carrying out orientation processing so that said liquid crystal layer may serve as 90-degree twist.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the liquid crystal display with which the reflective mold liquid crystal display and reflective mold which are used for OA equipment, such as a word processor and a personal computer, portable information devices, such as an electronic notebook, or the camcorder/movie equipped with the liquid crystal display monitor, and a transparency mold are combined.

[0002]

[Description of the Prior Art] Since a liquid crystal display does not emit light itself unlike CRT (Braun tube) or EL (electroluminescence), the transparency mold liquid crystal display which installs a back light in the tooth back of a liquid crystal display component, and illuminates it is used. However, in the portable information device with many opportunities to use outdoors and always carrying, in order that a back light may usually consume 50% or more of the total power consumption of a liquid crystal display, the reflective mold liquid crystal display which installs a reflecting plate instead of a back light, and displays only by the ambient light is also realized.

[0003] In order not to use a polarizing plate besides using a polarizing plate called TN (Twisted Nematic) mode and STN (super twisted nematic) mode which are widely used for the display mode used with a reflective mold liquid crystal display with the current transparency mold a type, development is performed briskly in recent years, for example, the phase transition mold guest host mode in which a bright display is realizable is also indicated by JP,4-75022,A and Japanese Patent Application No. No. 228365 [ seven to ].

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since phase transition mold guest host mode displays using the light absorption of coloring matter in the liquid crystal layer which distributed a liquid crystal molecule and coloring matter, contrast cannot be taken enough, but compared with the liquid crystal display of the type using polarizing plates, such as TN (Twisted Nematic) mode and STN (super twisted nematic) mode, display grace gets remarkably bad.

[0005] Moreover, in the case of the liquid crystal display of parallel orientation or twist orientation, the liquid crystal molecule near the core of a liquid crystal layer inclines perpendicularly to a substrate side at the time of electrical-potential-difference impression, but Since the liquid crystal molecule near an orientation film front face does not become perpendicular to a substrate even if it impresses an electrical potential difference, the rate of a birefringence of a liquid crystal layer is far from 0, in the case of the display mode which performs a black display at the time of electrical-potential-difference impression, cannot display sufficient black because of the birefringence of a liquid crystal layer, and cannot acquire sufficient contrast.

[0006] The liquid crystal display in TN mode and STN mode is also hard to be referred to as having display grace sufficient in respect of brightness or contrast by current, and improvement in display grace, such as the further raise in brightness and improvement in contrast, is called for. Moreover, when a surrounding light of a reflective mold liquid crystal display is dark, it has the fault that the reflected light used for a display falls and visibility falls extremely, and on the other hand, the transparency mold liquid crystal display had with this the problem to which the visibility under fine weather with a conversely very bright ambient light etc. falls.

[0007]

[Means for Solving the Problem] On the other hand, invention according to claim 1 has the substrate and the another side substrate with which the counterelectrode was formed which have the field which has a reflex function and a transparency function, and sets them to said liquid crystal display with which the liquid crystal layer was pinched between the substrate and said another side substrate on the other hand. The 1st polarization means formed in said field opposite to the liquid crystal layer of a substrate on the other hand, It is characterized by having the 1st phase contrast plate prepared between the 2nd polarization means formed in the field opposite to the liquid crystal layer of said another side substrate, said 1st polarization means, and said liquid crystal layer, and the 2nd phase contrast plate prepared between said 2nd polarization means and said liquid crystal layers.

[0008] Invention according to claim 2 is characterized by setting the retardation of said 1st phase contrast plate and said 2nd phase contrast plate as  $\lambda/4$  conditions, when the liquid crystal molecule of said liquid crystal layer has turned to the perpendicular direction of a substrate side in general and there is almost no retardation of said liquid crystal layer. Invention according to claim 3 is characterized by setting the retardation of said 2nd phase contrast plate as conditions ( $\lambda/4 - \alpha$ ), when the liquid crystal molecule of said liquid crystal layer has turned to the perpendicular direction of a substrate side in general and the retardation of the liquid crystal layer of said reflective field is  $\alpha$ .

[0009] When the liquid crystal molecule of said liquid crystal layer has turned to the perpendicular direction of a substrate side in general, invention according to claim 4 When the retardation of the liquid crystal layer of said reflective field is [ the retardation of the liquid crystal layer of  $\alpha$  and said transparency field ]  $\beta$  It is characterized by setting the retardation of said 1st phase contrast plate as conditions ( $\lambda / 4 - (\beta - \alpha)$ ), and setting the retardation of said 2nd phase contrast plate as conditions ( $\lambda/4 - \alpha$ ). Invention according to claim 5 is characterized by for said 1st phase contrast plate and the 2nd phase contrast plate consisting of  $\lambda/4$  plate, and for the include angle of the transparency shaft of said 1st polarization means and said 1st phase contrast plate to make being 45 degrees, and the include angle of the transparency shaft of said 2nd polarization means and said 2nd phase contrast plate to make being 45 degrees.

[0010] On the other hand, invention according to claim 6 has the substrate and the another side substrate with which the counterelectrode was formed with which the reflector was formed. In the liquid crystal display with which the perpendicular orientation liquid crystal layer using the liquid crystal ingredient in which said dielectric constant anisotropy negative to between a substrate and said another side substrates on the other hand is shown was pinched It has the polarizing plate prepared in the field opposite to said liquid crystal layer of said another side substrate, and said polarizing plate and  $\lambda/4$  plate formed between said reflectors, and the delay shaft of the  $\lambda/4$  aforementioned plate is characterized by being set up in the direction leaned 45 degrees to the transparency shaft of said polarizing plate. Invention according to claim 7 is characterized by having an optical compensation layer between said reflectors and said polarizing plates.

[0011] On the other hand, invention according to claim 8 has the substrate and the another side substrate with which the counterelectrode was formed which have the reflective field in which the reflector was formed, and the transparency field in which the transparent electrode was formed. In the liquid crystal display with which the perpendicular orientation liquid crystal layer using the liquid crystal ingredient in which said dielectric constant anisotropy negative to between a substrate and said another side substrates on the other hand is shown was pinched The 1st polarizing plate prepared in said field opposite to said liquid crystal layer of a substrate on the other hand, The 2nd polarizing plate prepared in the field opposite to said liquid crystal layer of said another side substrate, Said 1st polarizing plate and the 1st  $\lambda/4$  plate prepared between said liquid crystal layers, It has said 2nd polarizing plate and the 2nd  $\lambda/4$  plate prepared between said liquid crystal layers, and the transparency shaft of said 1st polarizing plate and the 2nd polarizing plate is set up in the same direction. The delay shaft of said 1st  $\lambda/4$  plate and the 2nd  $\lambda/4$  plate in the same direction And it is characterized by being set up in the direction leaned 45 degrees to the transparency shaft of said 1st polarizing plate and the 2nd polarizing plate.

[0012] Invention according to claim 9 is characterized by having the optical compensation layer of at least one sheet between the 1st aforementioned polarizing plate and the 2nd polarizing plate. Invention according to claim 10 is characterized by adding chiral material into the liquid crystal ingredient in which said negative dielectric constant anisotropy is shown. Invention according to claim 11 is characterized by carrying out orientation processing so that said liquid crystal layer may serve as 90-degree twist.

[0013] The operation by this invention is explained below. According to the liquid crystal display of this invention according to claim 1, in the reflective mode which displays by the reflected light of a field which has a reflex function The retardation (rate of a birefringence) of the direction of a watcher of a liquid crystal layer is 0 (in perpendicular orientation mode). If it is in an electrical-potential-difference impression condition, in case the linearly polarized light which penetrated the 1st polarization means will penetrate the 1st phase contrast plate and liquid crystal layer, will reflect, will pass a liquid crystal layer and the 1st phase contrast plate again and will carry out incidence to the 1st polarization means in an initial orientation condition and parallel orientation mode Since there are many polarization components which intersect perpendicularly with the transparency shaft of the 1st polarization means, if a dark display is attained and retardation arises in the direction of a watcher In case the linearly polarized light which penetrated the 1st polarization means penetrates the 1st phase contrast plate and liquid crystal layer, reflects, passes a liquid crystal layer and the 1st phase contrast plate again and carries out incidence to the 1st polarization means Since it has the polarization component which is parallel to the transparency shaft of the 1st polarization means, the clear display which has the gradation corresponding to each retardation becomes possible.

[0014] In the transparent mode which displays by the transmitted light of a field which has a transparency function If the retardation of the direction of a watcher of a liquid crystal layer is about 0, the linearly polarized light which

passed the 2nd polarization means If a dark display is attained and retardation becomes large in the direction of a watcher since there are many polarization components which intersect perpendicularly with the transparency shaft of the 1st polarization means in case the 2nd phase contrast plate, a liquid crystal layer, and the 1st phase contrast plate are passed and incidence is carried out to the 1st polarization means In case the linearly polarized light which passed the 2nd polarization means passes the 2nd phase contrast plate, a liquid crystal layer, and the 1st phase contrast plate and carries out incidence to the 1st polarization means, since it has the polarization component which is parallel to the transparency shaft of the 1st polarization means, the clear display which has the gradation corresponding to each retardation becomes possible. Therefore, when reflective mode and the transparent mode are used together, even if a dark display is attained at coincidence and it both uses together, the high display of contrast is attained. A gradation display is attained by furthermore changing a retardation value with an electrical potential difference.

[0015] In the reflective mode which displays by the reflected light of a field which has a reflex function according to the liquid crystal display of this invention according to claim 2, the circular polarization of light carries out incidence, and it becomes the circular polarization of light which reflected in the field which has a reflex function and the hand of cut reversed, and in the condition that no birefringence by the liquid-crystal layer is almost in the direction of a watcher, if the 1st phase-contrast plate is passed, it will become the linearly polarized light which intersects perpendicularly with the transparency shaft of the 1st polarization means. In the reflective field of this liquid crystal display, since it works as an optical isolator, it becomes little dark display of optical leakage.

[0016] Moreover, in the condition that the birefringence by the liquid crystal layer occurs in the direction of a watcher, in case the light which carried out incidence to the 1st polarization means reflects and incidence is again carried out to the 1st polarization means by changing the retardation, a polarization component parallel to the transparency shaft of the 1st polarization means arises, and since incidence is carried out, it becomes a gradation display or possible clear display.

[0017] At the transparent mode which displays by the transmitted light of a field which has a transparency function next, in the condition that no birefringence by the liquid crystal layer is almost in the direction of a watcher, it becomes the linearly polarized light which the circular polarization of light carries out incidence to a liquid crystal layer, and the circular polarization of light is saved at the time of liquid crystal layer passage, passes the 1st phase contrast plate, and intersects perpendicularly with the transparency shaft of the 1st polarization means, and becomes little dark display of optical leakage. Moreover, in the condition that the birefringence by the liquid crystal layer occurs in the direction of a watcher, it becomes a polarization component parallel [ since the retardation changes ] to the transparency shaft of the 1st polarization means in case the light which carried out incidence from the 2nd polarization means carries out incidence to the 1st polarization means, and since incidence is carried out, it becomes the clear display in which a gradation display is possible.

[0018] Therefore, even when reflective mode and the transparent mode are used together, the condition of the liquid crystal molecule at the time of a dark display is the same, the dark display which does not have optical leakage in coincidence is attained, and no matter ambient-light reinforcement may be in what condition, the high display of contrast is realized as a reflective mold, a transparency mold, or a mold in two ways.

[0019] Even when the retardation which remains when the display mode by which parallel orientation processing was carried out, and perpendicular orientation processing or a pre tilt angle is large according to the liquid crystal display of this invention according to claim 3 cannot be disregarded, the high display of contrast is realized as a reflective mold. In reflective mode, the elliptically polarized light by the retardation which remains from the circular polarization of light deviated carries out incidence to a liquid crystal layer. A liquid crystal layer is passed and it becomes the circular polarization of light which turned into the circular polarization of light, reflected in the field which has a reflex function, and the hand of cut reversed. When passing a liquid crystal layer and carrying out outgoing radiation from a liquid crystal layer, it becomes the elliptically polarized light [ circular polarization of light ] shifted. The elliptically polarized light at this time is in the condition from which the time of incidence and a phase shifted 90 degrees. For this reason, if the 1st phase contrast plate is passed, it will become the linearly polarized light which intersects perpendicularly with the transparency shaft of the 1st polarization means. In the reflective field of this liquid crystal display, since it works as an optical isolator, it becomes little dark display of optical leakage.

[0020] Therefore, even when the retardation which remains cannot be disregarded, the high display of contrast is realized as a reflective mold. When reflective mold displaying becomes main when the area of a reflector is larger than the area of a transparency electrode, the phase contrast plate 10 shown with an operation gestalt does not matter with  $\lambda/4$  plate.

[0021] Even when the retardation which remains when the display mode by which parallel orientation processing was carried out, and perpendicular orientation processing or a pre tilt angle is large according to the liquid crystal display of this invention according to claim 4 cannot be disregarded, the high display of contrast is realized as a reflective mold, a transparency mold, or a mold in two ways. In reflective mode, the elliptically polarized light by



the retardation which remains from the circular polarization of light deviated carries out incidence to a liquid crystal layer. A liquid crystal layer is passed and it becomes the circular polarization of light which turned into the circular polarization of light, reflected in the field which has a reflex function, and the hand of cut reversed. When passing a liquid crystal layer and carrying out outgoing radiation from a liquid crystal layer, it becomes the elliptically polarized light [ circular polarization of light ] shifted. The elliptically polarized light at this time is in the condition from which the time of incidence and a phase shifted 90 degrees. For this reason, if the 1st phase contrast plate is passed, it will become the linearly polarized light which intersects perpendicularly with the transparency shaft of the 1st polarization means. In the reflective field of this liquid crystal display, since it works as an optical isolator, it becomes little dark display of optical leakage.

[0022] next, in the transparent mode which displays by the transmitted light of a field which has a transparency function In the condition that there is almost no birefringence by the liquid crystal layer in the direction of a watcher Since the 2nd phase contrast plate is set up so that it may become the outgoing radiation light in reflective mode, and the elliptically polarized light of the same condition and elliptically polarized light with the phase contrast carries out incidence when outgoing radiation of the liquid crystal layer is carried out, when the 1st phase contrast plate is passed, it becomes the linearly polarized light which intersects perpendicularly with the transparency shaft of the 1st polarization means, and becomes little dark display of optical leakage. Therefore, even when the retardation which remains cannot be disregarded, the high display of contrast is realized as a reflective mold, a transparency mold, or a mold in two ways.

[0023] When the retardation which remains can be disregarded according to the liquid crystal display of this invention according to claim 5, incidence of the circular polarization of light can be carried out to a liquid crystal layer with the easiest configuration.

[0024] According to the liquid crystal display of this invention according to claim 6, at the time of no electrical-potential-difference impressing [ of a liquid crystal layer ], the rate of a birefringence of a liquid crystal layer is about 0, black level good at the time of no electrical-potential-difference impressing is obtained, and the contrast of a display improves. According to the liquid crystal display of this invention according to claim 8, it is used as a transparency mold liquid crystal display displayed using the light which penetrates the transparent electrode 8 with high permeability using a back light when a surrounding light is dark. When an ambient light is bright, a display becomes possible as a reflective mold liquid crystal display displayed using the reflected light in the reflector 3 formed by the comparatively high film of the rate of a light reflex, and even if it uses a transparency mold and a reflective mold together further, the high display of contrast is attained by a perfect black display being performed to coincidence. The explanation is given below.

[0025] Generally, there is a display mode of the normally black (it is called Following NB) which used the birefringence for the mold liquid crystal display both for transparency reflective, and a normally white (it is called Following NW). In NW, the applied voltage to the liquid crystal layer which becomes white to cel gap change changes at NB to the applied voltage to the liquid crystal layer which becomes black to cel gap change changing. Therefore, in NW, since a contrast ratio changes with cel gap change remarkably, highly precise cel gap control is needed. It receives, and in NB, change of the contrast ratio by cel gap change is hardly generated, but the margin to cel gap control becomes large.

[0026] Since it becomes a sunspot when a defect arises for a TFT component and it is not impressed by the pixel electrode, a defect stops moreover, being conspicuous. Therefore, since the mold display both for transparency reflective of NB is efficiently manufactured in respect of industrial engineering according to this invention, the high display of contrast can realize the basis of any ambient lights easily.

[0027] The refractive-index anisotropy generated in the direction of incidence and the viewing-angle direction of light of the liquid-crystal layer 5 can compensate, and, according to claim 7 and the liquid crystal display according to claim 9 of this invention, the fall of contrast which depends in the direction of incidence and the viewing-angle direction of light can prevent by preparing an optical compensation layer which compensates the effect resulting from the refractive-index anisotropy of the liquid-crystal molecule generated in the direction of incidence and the viewing-angle direction of light of the liquid-crystal layer 5.

[0028] According to the liquid crystal display of this invention according to claim 10, revolution of the liquid crystal molecule at the time of electrical-potential-difference impression should be stabilized by adding chiral material in the perpendicular orientation liquid crystal layer using the liquid crystal ingredient in which a negative dielectric anisotropy is shown, and making it circle in a liquid crystal molecule at the time of electrical-potential-difference impression. Furthermore, when giving the direction of rubbing of a vertical substrate in addition to the same direction, since the locus of orientation processing is no longer the same direction, eye a muscle stops being able to be conspicuous easily.

[0029] According to the liquid crystal display of this invention according to claim 11, the retardation generated since the direction where the liquid crystal molecule near a substrate inclined is making the include angle of 90 degrees mutually near the up-and-down substrate, although retardation occurs in the inclination direction of a liquid



crystal molecule when an abundance inclination is carried out to a substrate and orientation is carried out can be negated for the disclination prevention at the time of electrical-potential-difference impression, and the black display with little leakage light is obtained.

[0030]

[Embodiment of the Invention] (Operation gestalt 1) The operation gestalt 1 of this invention is explained using drawing 1. A reflector 3 is formed in a substrate 1 with an ingredient with high reflection factors, such as aluminum and Ta, a counterelectrode 4 is formed in a substrate 2, and the liquid crystal layer 5 which consists of a liquid crystal ingredient which shows a negative dielectric constant anisotropy between a reflector 3 and a counterelectrode 4 is pinched.

[0031] The orientation film (not shown) of a perpendicular stacking tendency is formed in the front face which touches the liquid crystal layer 5 of a reflector 3 and a counterelectrode 4, respectively, and orientation processing of rubbing etc. is performed on one [ at least ] orientation film after spreading of the orientation film. By orientation processing of rubbing to the orientation film of a perpendicular stacking tendency etc., the liquid crystal molecule of the liquid crystal layer 5 has the tilt angle of 0.1 to about 5 degrees to the perpendicular direction of a substrate side.

[0032] Since the liquid crystal ingredient in which a negative dielectric constant anisotropy is shown is used for the liquid crystal layer 5, if an electrical potential difference is impressed between a reflector 3 and a counterelectrode 4, a liquid crystal molecule will incline toward a substrate side and a parallel direction. Although the reflector 3 is used here as an electrode which impresses an electrical potential difference to the liquid crystal layer 5, a reflector and an electrode are good also as a laminated structure of another film, for example, the reflecting plate of aluminum, and the transparent electrode of ITO.

[0033] As a liquid crystal ingredient of the liquid crystal layer 5, the liquid crystal ingredient which has the refractive-index anisotropy of  $N_e(\text{refractive index to abnormality light}) = 1.5546$ ,  $N_o(\text{refractive index to forward Tsunemitsu}) = 1.4773$ , and  $\Delta N(N_e - N_o) = 0.0773$  was used.  $\lambda/4$  plate 7 is arranged in the near opposite field in which the counterelectrode 4 of a substrate 2 was formed, and the delay shaft of  $\lambda/4$  plate 7 is arranged so that 45 degrees may be leaned to the direction of a major axis of the liquid crystal molecule when impressing an electrical potential difference to the liquid crystal layer 5.

[0034]  $\lambda/4$  plate 7 changes the linearly polarized light into the circular polarization of light, and changes the circular polarization of light into the linearly polarized light. Although  $\lambda/4$  plate 7 was formed in the near opposite field in which the counterelectrode 4 of a substrate 2 was formed, it may be formed between a reflector 3 and a substrate 2.

[0035] Moreover,  $\lambda/4$  plate 7 can be stuck on a substrate side, or the way united with the polarizing plate 6 can hold down a manufacturing cost. Next, in the substrate 2 of  $\lambda/4$  plate 7, a polarizing plate 6 is formed in the field of the opposite side, and it is arranged so that 45 degrees of transparency shafts of a polarizing plate 6 may be leaned to the delay shaft of  $\lambda/4$  plate 7.

[0036] Drawing 7 (a) shows the top view of the active-matrix substrate of the operation gestalt 1, and drawing 7 (b) shows the sectional view of the F-F cross section of drawing 7 (a). This active-matrix substrate is equipped with the gate wiring 21, the data wiring 22, a driver element 23, the drain electrode 24, the auxiliary capacity electrode 25, gate dielectric film 26, the insulating substrate 27, the contact hole 28, the interlayer insulation film 29, and the reflector 30.

[0037] It connects as electrically as the drain electrode 24, and the auxiliary capacity electrode 25 is superimposed on the auxiliary capacity wiring 32 through gate dielectric film 26, and forms auxiliary capacity. The contact hole 28 is established in the interlayer insulation film 29, in order to connect the auxiliary capacity electrode 25 with reflection 30.

[0038] The transparency condition of the light in the liquid crystal display of the operation gestalt 1 is explained using drawing 13. Drawing 13 (a) shows the case where it is the black display to which the electrical potential difference is not impressed to the liquid crystal layer, drawing 13 R> 3 (b) shows the case where it is the white display by which the electrical potential difference was impressed to the liquid crystal layer, and the reflector 3 is formed in Hidari's field in each drawing.

[0039] Drawing 13 (a) explains a black display. The incident light which entered from polarizing plate 6 front face from the drawing 13 (a) bottom turns into the linearly polarized light which was in agreement with the transparency shaft of a polarizing plate, after passing along a polarizing plate 6, and incidence is carried out to  $\lambda/4$  plate 7.

[0040]  $\lambda/4$  plate 7 is arranged so that the transparency shaft orientations of a polarizing plate 6 and the delay shaft orientations of  $\lambda/4$  plate 7 may become 45 degrees, and the light which passed  $\lambda/4$  plate 7 turns into the circular polarization of light. When electric field are not being impressed to the liquid crystal layer 5, the liquid crystal layers 5 using the liquid crystal ingredient in which a negative dielectric constant anisotropy is shown of the refractive-index anisotropy of the liquid crystal layer 5 to the light in which the liquid crystal molecule is carrying out orientation almost perpendicularly from the substrate side and which carries out incidence are very

few, and the phase contrast produced when light penetrates the liquid crystal layer 5 is about 0.

[0041] Therefore, the light of the circular polarization of light which passed  $\lambda/4$  plate 7 penetrates the liquid crystal layer 5, without breaking down the circular polarization of light, and is reflected with the reflector 3 on one substrate 1. The light of the reflected circular polarization of light penetrates the liquid crystal layer 5 to the substrate 2-way, and incidence is again carried out to  $\lambda/4$  plate 7 with the circular polarization of light.

[0042] After the circular polarization of light by which incidence was carried out to  $\lambda/4$  plate 7 passes  $\lambda/4$  plate 7, it turns into the linearly polarized light of the direction which intersects perpendicularly with the transparency shaft orientations of a polarizing plate 6, and incidence is carried out to a polarizing plate 6. The linearly polarized light which passed  $\lambda/4$  plate 7 is the linearly polarized light of the direction which intersects perpendicularly with the transparency shaft of a polarizing plate 6, is absorbed with a polarizing plate 6 and penetrated. Thus, it becomes a black display when not impressing an electrical potential difference to the liquid crystal layer 5.

[0043] Next, drawing 3 (b) explains a white display. Drawing 3 (b) is the case where an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 5, is the drawing 3 (a) identitas and omits explanation until it passes  $\lambda/4$  plate 7.

[0044] If an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 5, the circular polarization of light from  $\lambda/4$  plate 7 which the liquid crystal molecule which was carrying out orientation perpendicularly from the substrate side inclined to the substrate side and the horizontal direction, and carried out incidence to the liquid crystal layer 5 It becomes elliptically polarized light by the birefringence of a liquid crystal molecule, after being reflected with a reflector 3, polarization changes in the liquid crystal layer 5 further, also after passing along  $\lambda/4$  plate 7, it does not become the linearly polarized light which intersects perpendicularly with the transparency shaft of a polarizing plate 6, but light penetrates through a polarizing plate 6.

[0045] By adjusting the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer at this time, after reflecting, the quantity of light which can penetrate a polarizing plate 6 can be adjusted, and a gradation display is attained. Moreover, if the orientation condition of a liquid crystal molecule is changed so that an electrical potential difference may be impressed to the liquid crystal layer 5 from a reflector 3 and a counterelectrode 4 and the phase contrast of the liquid crystal layer 5 may become quarter-wave length conditions The circular polarization of light after passing along  $\lambda/4$  plate 7 turns into the linearly polarized light which intersects perpendicularly with the transparency shaft of a polarizing plate 6 when the liquid crystal layer 5 is passed and a reflector 3 is reached. After passing the liquid crystal layer 5 again and becoming the circular polarization of light,  $\lambda/4$  plate 7 is passed, and it becomes the linearly polarized light parallel to the transparency shaft of a polarizing plate 6, and the reflected light which penetrates a polarizing plate 6 becomes max.

[0046] Therefore, when the electrical potential difference is not impressed to the liquid crystal layer 5, if there is no birefringence in the liquid crystal layer 5, a black display is obtained and an electrical potential difference is impressed by the liquid crystal layer 5, with the applied voltage, the permeability of light will differ and a gradation display will be attained.

[0047] In the liquid crystal display of the operation gestalt 1, the spectral-reflectance property at the time of vertical-incidence perpendicular light-receiving of the reflective mold liquid crystal display when setting phase contrast of  $d=3.56$  micrometers and a liquid crystal layer to  $\Delta n=0.2752$  for the cel gap of a liquid crystal layer is shown in drawing 4. Here, drawing 4 is setting the part light reflex at the time of vertical-incidence perpendicular light-receiving to a reflecting plate simple substance to 100.

[0048] As shown in drawing 4, in the dark display which is not impressing the electrical potential difference to the liquid crystal layer 5, and the clear display at the time of electrical-potential-difference 3.25V impression, a sufficient contrast ratio called 50 or more is obtained in the 400 to 700nm wavelength region whole region. Moreover, when the applied voltage of the liquid crystal layer 5 is 3.25V, the reflection factor which is about 40% is obtained, this is almost equivalent to the permeability of the used polarizing plate 6, and the use effectiveness of light is highly suitable for the reflective mold liquid crystal display.

[0049] Drawing 5 shows the spectral-reflectance property at the time of vertical-incidence perpendicular light-receiving of the reflective mold liquid crystal display when setting phase contrast of  $d=4.5$  micrometers and a liquid crystal layer to  $\Delta n=0.3479$  for the cel gap of a liquid crystal layer in the operation gestalt 1. Therefore, in the reflective mold liquid crystal display which set to  $d=4.5$  micrometers the cel gap of the liquid crystal which shows a spectral-reflectance property to drawing 5, a sufficient contrast ratio called 50 or more is obtained in the 400 to 700nm wavelength region whole region in the dark display which is not impressing the electrical potential difference to the liquid crystal layer 5, and the clear display at the time of electrical-potential-difference 3V impression. Moreover, when the applied voltage to the liquid crystal layer 5 is 3V, about 40% of reflection factor is obtained like a reflective mold liquid crystal display with a cel gap of  $d=3.56$  micrometers.

[0050] A cel gap with a wavelength [ at the time of vertical-incidence perpendicular light-receiving of the reflective mold liquid crystal display of the operation gestalt 1 ] of 550nm and the relation of a contrast ratio are shown in

drawing 6 . Drawing 6 has impressed and measured the electrical potential difference with which the phase contrast  $\Delta n$  of liquid crystal fills quarter-wave length conditions. As shown in drawing 6 , in the reflective mold display of the operation gestalt 1, 500 or more contrast ratios are maintained with regards to the cell gap of a liquid crystal layer that there is nothing.

[0051] Therefore, when impressing an electrical potential difference to the liquid crystal layer 5, it is possible to be able to display without the fall of a contrast ratio, as long as phase contrast  $\Delta n$  fulfills quarter-wave length conditions, and to set the cell gap  $d$  as arbitration.

[0052] A gap of the include angle of the delay shaft of  $\lambda/4$  plate 7 at the time of making into 0 degree the case where 45 degrees of delay shafts of  $\lambda/4$  plate 7 are leaned to the transparency shaft of a polarizing plate 6 at drawing 12 , and the relation of a contrast ratio are shown. Here, if a gap of the include angle of the delay shaft of  $\lambda/4$  plate 7 is less than 3 degrees, 50 or more contrast ratios are obtained and the reflective mold liquid crystal display of a good display property can be made.

[0053] Therefore, in the lamination of a polarizing plate and  $\lambda/4$  plate, even if the include angle of the delay shaft of  $\lambda/4$  plate 7 and the transparency shaft of a polarizing plate 6 shifts from the set point for a while, the display of high contrast is obtained. Here, although drawing 6 and drawing 7 have removed the effect of surface reflection of a panel, the effect of surface reflection of a panel cannot be disregarded at the time of actual use, but although the contrast ratio in that case is about 20, it serves as a value good as contrast of a reflective mold liquid crystal display.

[0054] Since the retardation of a liquid crystal layer is made as for the liquid crystal display using the perpendicular orientation liquid crystal ingredient used with this operation gestalt to about 0 at the time of no electrical-potential-difference impressing, in the Nor Marie Black display, it can make a dark condition darker and can raise contrast.

[0055] (Operation gestalt 2) The operation gestalt 2 of this invention is explained using drawing 2 . The same sign is added about the same configuration as the operation gestalt 1. The reflector 3 formed in one substrate 1 with the ingredient with high reflection factors, such as aluminum and Ta, and the transparent electrode 8 formed with the ingredient with high permeability, such as ITO, are formed, a counterelectrode 4 is formed in a substrate 2, and the liquid crystal layer 5 which consists of a liquid crystal ingredient which shows a negative dielectric anisotropy between a reflector 3 and a transparent electrode 8, and a counterelectrode 4 is pinched.

[0056] The orientation film (not shown) of a perpendicular stacking tendency is formed in the field which touches the liquid crystal layer 5 of a reflector 3, a transparent electrode 8, and a counterelectrode 4, respectively, and orientation processing of rubbing etc. is performed on one [ at least ] orientation film after spreading of the orientation film. The liquid crystal molecule of the liquid crystal layer 5 has the tilt angle of 0.1 to about 5 degrees to the perpendicular direction of a substrate side by orientation processing of rubbing to the orientation film of a perpendicular stacking tendency etc.

[0057] Although the reflector 3 is used here as an electrode which impresses an electrical potential difference to a liquid crystal layer, it is good also as an electrode which extends a transparent electrode 8 on a reflector and impresses an electrical potential difference to the liquid crystal layer 5 in a reflective field, without using a reflector as an electrode. The liquid crystal ingredient which has the  $N_e=1.5546$  [ same ] as the operation gestalt 1 and the refractive-index anisotropy of  $N_o=1.4773$  as a liquid crystal ingredient of the liquid crystal layer 5 was used.

[0058]  $\lambda/4$  plate 7 is arranged in the near opposite side in which the counterelectrode 4 of a substrate 2 was formed, and when an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 5, the delay shaft of  $\lambda/4$  plate 7 is arranged so that 45 degrees may be leaned to the direction of a major axis of a liquid crystal molecule.  $\lambda/4$  plate 10 is arranged in the near opposite side in which the reflector 3 and transparent electrode 8 of a substrate 1 were formed, and the delay shaft of  $\lambda/4$  plate 10 is set up in the same direction as the delay shaft of  $\lambda/4$  plate 7.

[0059] In the substrate 2 of  $\lambda/4$  plate 7, a polarizing plate 6 prepares in the field of the opposite side, a polarizing plate 9 prepares in the opposite side in the substrate 1 of  $\lambda/4$  plate 10, respectively, and the transparency shaft of a \*\*\*\* cage, a polarizing plate 6, and a polarizing plate 9 is set up so that 45 degrees may be leaned to the delay shaft of  $\lambda/4$  plate 7 and  $\lambda/4$  plate 10.

[0060] Drawing 8 (a) shows the top view of the active-matrix substrate of the operation gestalt 2 of this invention, and drawing 8 (b) shows the sectional view of the A-A cross section of drawing 8 (a). The active-matrix substrate is equipped with the gate wiring 21, the data wiring 22, a driver element 23, the drain electrode 24, the auxiliary capacity electrode 25, gate dielectric film 26, the insulating substrate 27, the contact hole 28, the interlayer insulation film 29, the picture element electrode 30 for reflection, and the picture element electrode 31 for transparency.

[0061] It connects as electrically as the drain electrode 24, and the auxiliary capacity electrode 25 is superimposed on the gate wiring 21 through gate dielectric film 26, and forms auxiliary capacity. The contact hole 28 is established in the interlayer insulation film 29, in order to connect the picture element electrode 31 for transparency, and the auxiliary capacity electrode 25.

[0062] This active-matrix substrate is equipped with the picture element electrode 30 for reflection, and the picture element electrode 31 for transparency into one picture element, and forms picture element electrode 30 part for reflection which reflects the light from the outside into one picture element, and picture element electrode 31 part for transparency which penetrates the light of a back light.

[0063] The transparency condition of the light in the liquid crystal display of the operation gestalt 2 is explained using drawing 13.

[0064] Drawing 13 (a) shows the case where it is the black display which an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 5, and is not required, and drawing 13 (b) shows the case where it is the white display by which the electrical potential difference was impressed to the liquid crystal layer 5.

[0065] The field which has a reflector 3 by drawing 13 is the same configuration as the reflective mold liquid crystal display of the operation gestalt 1, and since it can express as the same principle as the 1st reflective mold liquid crystal display when using as a reflective mold display, explanation is omitted. The condition of the light of a field that the transparent electrode 8 which is a field on the right of drawing 13 (a) and drawing 13 (b) was formed is explained. The light in which outgoing radiation was carried out by the light source (not shown) turns into the linearly polarized light which was in agreement with the transparency shaft of a polarizing plate 9 with the polarizing plate 9 from drawing 13 (a) bottom.

[0066]  $\lambda/4$  plate 10 is arranged so that the delay shaft orientations of the transparency shaft orientations of  $\lambda/4$  plate 10 and a polarizing plate 9 may become 45 degrees, and the light which passed  $\lambda/4$  plate 10 turns into the circular polarization of light. When electric field have not occurred in the liquid crystal layer 5, the liquid crystal layers 5 using the liquid crystal ingredient in which a negative dielectric constant anisotropy is shown of the refractive-index anisotropy of the liquid crystal layer 5 to the light in which the liquid crystal molecule is carrying out orientation almost perpendicularly from the substrate side and which carries out incidence are very few, and the phase contrast produced when light penetrates the liquid crystal layer 5 is about 0.

[0067] Therefore, the circular polarization of light by which outgoing radiation is carried out from  $\lambda/4$  plate 10 penetrates the liquid crystal layer 5, without breaking down the circular polarization of light, and it carries out incidence to  $\lambda/4$  plate 7. The circular polarization of light which the delay shaft orientations of  $\lambda/4$  plate 10 and the delay shaft orientations of  $\lambda/4$  plate 7 were in agreement, and carried out incidence to  $\lambda/4$  plate 7 turns into the linearly polarized light of the direction which intersects perpendicularly with the transparency shaft orientations of a polarizing plate 9, and incidence is carried out to a polarizing plate 6.

[0068] The linearly polarized light by which outgoing radiation was carried out from  $\lambda/4$  plate 7 is the linearly polarized light of the direction which intersects perpendicularly with the transparency shaft of a polarizing plate 6, it is absorbed with a polarizing plate 6 and light does not penetrate. Thus, it becomes a black display when not impressing an electrical potential difference to the liquid crystal layer 5.

[0069] Next, drawing 13 (b) explains a white display. Drawing 13 (b) is the case where an electrical potential difference is impressed to a liquid crystal layer, is the same as that of drawing 13 (a), and omits explanation until light passes  $\lambda/4$  plate 10.

[0070] If an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 5, the liquid crystal molecule of the liquid crystal layer 5 which was perpendicularly suitable from the substrate front face inclines to a substrate side and a horizontal direction, the circular polarization of light from  $\lambda/4$  plate 10 which carried out incidence to the liquid crystal layer turns into elliptically polarized light by the birefringence of the liquid crystal layer 5, and also after it passes  $\lambda/4$  plate 7, it will not turn into the linearly polarized light which intersects perpendicularly with the transparency shaft of a polarizing plate 6, but light will penetrate it through a polarizing plate 6. By adjusting the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 5 at this time, the polarization condition of the light which carries out incidence can be changed into a polarizing plate 6, the quantity of light which penetrates a polarizing plate 6 is adjusted, and a gradation display is attained.

[0071] Moreover, the circular polarization of light if an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 5 so that the phase contrast of the liquid crystal layer 5 may become  $1/2$ -wave conditions, after passing along  $\lambda/4$  plate 10 turns into the linearly polarized light which intersects perpendicularly with the transparency shaft of a polarizing plate 9 at the point of the one half of the cell thickness of the liquid crystal layer 5, and if the remaining liquid crystal layers 5 are passed, it will turn into the circular polarization of light. In order for most light by which incidence is carried out to a polarizing plate 6 since the circular polarization of light by which outgoing radiation is carried out from the liquid crystal layer 5 will turn into the linearly polarized light parallel to the transparency shaft of a polarizing plate 6 if  $\lambda/4$  plate 7 is passed to penetrate a polarizing plate 6, the transmitted light of a polarizing plate 6 becomes max.

[0072] Therefore, with the operation gestalt 2, the amount of transparency of light is adjusted for the field of a reflector 3, and the field of a transparent electrode 8 by there being no birefringence in the liquid crystal layer 5, and a black display being obtained, and impressing an electrical potential difference to the liquid crystal layer 5, when the electrical potential difference is not impressed to the liquid crystal layer 5, and a gradation display is

attained. In the operation gestalt 2, the cel gap of  $d = 3.56$  micrometers of a liquid crystal layer and the spectral transmittance property at the time of vertical-incidence perpendicular light-receiving in the transparency field of the mold liquid crystal display both for transparency reflective of phase contrast  $\delta n = 0.2752$  of a liquid crystal layer are shown in drawing 9. Here, the spectral-reflectance property in a field with a reflector 3 is the same as that of drawing 4.

[0073] Drawing 9 is setting part light transmission at the time of vertical-incidence perpendicular light-receiving to air to 100. As shown in drawing 9, in the black display which is not impressing the electrical potential difference to the liquid crystal layer 5, and the clear display at the time of electrical-potential-difference 5V impression, sufficient contrast ratio is obtained from 400nm in the 700nm wavelength region whole region. Moreover, when the applied voltage to the liquid crystal layer 5 is 5V, the reflection factor which is about 30% is obtained, and this is about 80 percent of the permeability of the used polarizing plate 6. Also from this, the use effectiveness of light is high and this means of displaying is suitable for the mold liquid crystal display both for transparency reflective.

[0074] Drawing 10 shows the spectral transmittance property at the time of vertical-incidence perpendicular light-receiving in the transparency field of the mold liquid crystal display both for transparency reflective when setting phase contrast of  $d = 4.5$  micrometers and the liquid crystal layer 5 to  $\delta n = 0.3479$  for the cel gap of the liquid crystal layer 5 in the liquid crystal display of the operation gestalt 2. Like the mold liquid crystal display both for transparency reflective with a cel gap [ of drawing 9 ] of  $d = 3.56$  micrometers, in the black display which is not impressing the electrical potential difference to the liquid crystal layer 5, and the clear display at the time of electrical-potential-difference 5V impression, contrast ratio sufficient in the 400 to 700nm wavelength region whole region is obtained, and when the applied voltage to a liquid crystal layer is 5V, about 40% of permeability is obtained.

[0075] A cel gap with a wavelength [ at the time of vertical-incidence perpendicular light-receiving in the transparency field of the mold liquid crystal display both for transparency reflective of the operation gestalt 2 ] of 550nm and the relation of a contrast ratio are shown in drawing 11. Drawing 11 has impressed and measured the electrical potential difference with which the phase contrast  $\delta n$  of liquid crystal fills 1/2-wave conditions.

[0076] Thus, when using as a transparency mold liquid crystal display in the field of a transparent electrode 8 with regards to a cel gap that there is nothing and using as a reflective mold liquid crystal display in the field of 800 or more contrast ratios and a reflector 3, 500 or more contrast ratios are maintained. Therefore, it is possible to be able to display without the fall of a contrast ratio at the time of electrical-potential-difference impression, as long as phase contrast  $\delta n$  fulfills 1/2-wave conditions, and to set the cel gap  $d$  as the liquid crystal layer 5 at arbitration at it.

[0077] A gap of the include angle of the delay shaft of  $\lambda/4$  plate 7 at the time of making into 0 degree the case where 45 degrees of delay shafts of  $\lambda/4$  plate 7 are leaned to the transparency shaft of a polarizing plate 6 at drawing 12, and the relation of a contrast ratio are shown. Here, if a gap of the include angle of the delay shaft of  $\lambda/4$  plate 7 is less than 3 degrees, when using it as a transparency mold liquid crystal display in the transparency field in which the transparent electrode 8 was formed, or when using it as a reflective mold liquid crystal display in the reflective field in which the reflector 3 was formed, both 50 or more contrast ratios will be obtained, and the mold liquid crystal display both for reflective mold transparency of a good display property will be obtained.

[0078] Therefore, when a surrounding light is dark, it is used as a transparency mold liquid crystal display displayed using the light which penetrates a transparent electrode 8 using a back light, and when an ambient light is bright, a display becomes possible as a reflective mold liquid crystal display displayed using the reflected light in the reflector 3 formed by the comparatively high film of the rate of a light reflex. Therefore, even if it uses an ambient light using a back light, without using a back light when an ambient light is bright or uses both a back light and the reflected light by the case where a surrounding light is dark, by one panel, it becomes possible to use as a mold liquid crystal display both for transparency reflective which can be displayed.

[0079] Therefore, by using a back light, if a surrounding light is dark like the conventional reflective mold liquid crystal display, the fault that sufficient display is not obtained is conquerable [ when an ambient light is brighter than the conventional transparency mold liquid crystal display, it is a part low power not using a back light and ] with the case where a surrounding light is dark.

[0080] Since the retardation of a liquid crystal layer is made as for the liquid crystal display using the perpendicular orientation liquid crystal ingredient used with this operation gestalt to about 0 at the time of no electrical-potential-difference impressing, in the Nor Marie Black display, it can make a dark condition darker by a transparency display and reflective display, and can raise contrast.

[0081] (Operation gestalt 3) The operation gestalt 3 of this invention is explained using the cross-section schematic diagram of drawing 3. Explanation is omitted about the operation gestalt 1 and the operation gestalt 2, and a common configuration. The liquid crystal display of the operation gestalt 3 has  $\lambda/4$  plate 10 and the optical compensating plate 12 between a substrate 1 and a polarizing plate 9, and has  $\lambda/4$  plate 7 and the optical



compensating plate 11 between the substrate 2 and the polarizing plate 6.

[0082] When the electrical potential difference is not impressed to the liquid crystal layer 5, orientation of the liquid crystal molecule of the liquid crystal layer 5 using the liquid crystal ingredient in which a negative dielectric constant anisotropy is shown is carried out almost perpendicularly from the substrate side, and there is no refractive-index anisotropy by the liquid crystal layer 5 from a substrate transverse plane. However, in using as a reflective mold liquid crystal display, in order that light may use not only a perpendicular direction but the light from other directions for a display to a substrate side, when the light of the direction of slant carries out incidence to the liquid crystal layer 5 to substrate sides, such as an ambient light, it is influenced of a refractive-index anisotropy.

[0083] Moreover, the viewing-angle direction also comes to be influenced of the refractive-index anisotropy of the liquid crystal molecule of the liquid crystal layer 5 as the viewing-angle direction shifts from the perpendicular direction of a substrate side to a substrate front face, since it is not necessarily a perpendicular, and the fall of contrast generates it. Then, by forming the optical compensation layers 11 and 12 which compensate the effect resulting from the refractive-index anisotropy of the liquid crystal molecule generated in the direction of incidence and the viewing-angle direction of light of the liquid crystal layer 5, the refractive-index anisotropy generated in the direction of incidence and the viewing-angle direction of light of the liquid crystal layer 5 can be compensated, and the fall of contrast which depends in the direction of incidence and the viewing-angle direction of light can be prevented.

[0084] moreover, when letting the pre tilt of a liquid crystal molecule lie down a little from the perpendicular direction of a substrate front face so that a liquid crystal molecule may incline to an one direction in the perpendicular orientation liquid crystal layer 5 at the time of electrical-potential-difference impression Since some refractive-index anisotropy occurs in a perpendicular direction to a substrate even if it is at the electrical-potential-difference time of not impressing [ of the perpendicular orientation liquid crystal layer 5 ], the contrast ratio seen from the perpendicular direction from the substrate front face also improves further by designing an optical compensation layer so that this refractive-index anisotropy may be compensated.

[0085] The same effectiveness is acquired although the operation gestalt 3 explained  $\lambda/4$  plate and the optical compensation layer as another layer, and made in the same layer. Moreover, although two optical compensation layers, the optical compensation layer 11 and the optical compensation layer 12, were used with the operation gestalt 3, it is good only also as an optical compensation layer 11.

[0086] Although the mold display both for transparency reflective explained with the operation gestalt 3, in the reflective mold liquid crystal display of the operation gestalt 1, the fall of a contrast ratio can be prevented by preparing an optical compensation layer so that the refractive-index anisotropy of the liquid crystal molecule of the liquid crystal layer 5 may be compensated between a polarizing plate 6 and a reflector 3. Moreover, with the operation gestalt 1 thru/or the operation gestalt 3, although the case of a white display and a black display was explained, the color filter of each color can be prepared in the correspondence part of a reflective field or a transparency field, and color display can also be performed.

[0087] By adding chiral material in the perpendicular orientation liquid crystal layer 5 using the liquid crystal ingredient in which the negative dielectric constant anisotropy of the operation gestalt 1 thru/or the operation gestalt 3 is shown, at the time of electrical-potential-difference impression, it should be made to circle in a liquid crystal molecule, and revolution of the liquid crystal molecule at the time of electrical-potential-difference impression should be stabilized. Although retardation occurs in the inclination direction of a liquid crystal molecule when an abundance inclination is carried out [ as opposed to / for the disclination prevention at the time of electrical-potential-difference impression / the direction of a normal of a substrate side ] by carrying out orientation processing so that a liquid crystal layer may serve as 90-degree twist in that case and orientation is carried out Since the direction where the liquid crystal molecule near a substrate inclined is making the include angle of 90 degrees mutually near the up-and-down substrate, the retardation to generate can be negated and the black display with little leakage light is obtained.

[0088] Although the perpendicular stacking tendency liquid crystal which has a negative dielectric constant anisotropy is used for it, even if parallel stacking tendency liquid crystal is used for the operation gestalt 1 thru/or the operation gestalt 3, the same display is possible for it. That is, if parallel stacking tendency liquid crystal is used instead of perpendicular stacking tendency liquid crystal, in order that a liquid crystal molecule may be arranged in parallel with a substrate side at the time of no electrical-potential-difference impressing and a liquid crystal molecule may incline in the direction of a normal of a substrate side at the time of electrical-potential-difference impression, the liquid crystal display of the white display and the black display at the time of electrical-potential-difference impression to the time of no electrical-potential-difference impressing is obtained. In the black display using this parallel stacking tendency liquid crystal, litter DIN SHON which remains rather than the case of perpendicular stacking tendency liquid crystal increases with the liquid crystal molecule near a substrate. What is necessary is just to use together the phase contrast plate with which this is compensated, in order to perform a black

display perfect for this reason.

[0089] What is necessary is to replace with  $\lambda/4$  plate 7, and just to arrange a phase contrast plate with the retardation of  $(\lambda / 4 - \alpha)$  in reflective mode, in the liquid crystal layer in the condition that the liquid crystal molecule has turned to the perpendicular direction of a substrate side in general, when the retardation of  $\alpha$  remains.

[0090] In reflective mode, the elliptically polarized light [ circular polarization of light ] shifted by the retardation in which the liquid crystal layer remains carries out incidence to a liquid crystal layer. A liquid crystal layer is passed and it becomes the circular polarization of light which turned into the circular polarization of light, reflected in the field which has a reflex function, and the hand of cut reversed. When passing a liquid crystal layer and carrying out outgoing radiation from a liquid crystal layer, it becomes the elliptically polarized light [ circular polarization of light ] shifted. The elliptically polarized light at this time has a phase in the condition of having shifted 90 degrees, at the time of incidence. If a phase contrast plate is passed, it will become the linearly polarized light which intersects perpendicularly with the transparency shaft of a polarizing plate 6.

[0091] Therefore, even when the retardation which remains in the liquid crystal layer in the condition that the liquid crystal molecule has turned to the perpendicular direction of a substrate side cannot be disregarded, the high display of contrast can be realized in reflective mode by arranging the phase contrast plate in consideration of the retardation. Furthermore, what is necessary is just to arrange a phase contrast plate with the retardation replaced with  $\lambda/4$  plate 7 ( $\lambda/4 - \alpha$ ), and a phase contrast plate with the retardation replaced with  $\lambda/4$  plate 10 ( $\lambda / 4 - (\beta - \alpha)$ ), when the retardation of  $\beta$  remains in  $\alpha$  in reflective mode and remains in the transparent mode in the liquid crystal layer.

[0092] In the transparent mode which displays by the transmitted light of a field which has a transparency function In the condition that the liquid crystal molecule has turned to the perpendicular direction of a substrate side The phase contrast plate which has the retardation of the above ( $\lambda / 4 - (\beta - \alpha)$ ) so that it may become the outgoing radiation light in reflective mode and the elliptically polarized light of the same condition, when outgoing radiation of the liquid crystal layer is carried out is set up. Since elliptically polarized light with the phase contrast carries out incidence to a phase contrast plate with the retardation of the above ( $\lambda/4 - \alpha$ ), when a phase contrast plate with the retardation of the above ( $\lambda/4 - \alpha$ ) is passed, it becomes the linearly polarized light which intersects perpendicularly with the transparency shaft of a polarizing plate 6, and becomes little dark display of optical leakage.

[0093] Therefore, even when the retardation which remains in the liquid crystal layer in the condition that the liquid crystal molecule has turned to the perpendicular direction of a substrate side cannot be disregarded, the high display of contrast can be realized in reflective mode by arranging the phase contrast plate in consideration of the retardation.

[0094]

[Effect of the Invention] According to invention of claim 1 of this invention, the high display of contrast is attained in the display equipped with reflective mode and the transparent mode. Moreover, when reflective mode and the transparent mode are used together, even if a dark display is attained at coincidence and it both uses together, the high display of contrast is attained. A gradation display is attained by furthermore changing a retardation value with an electrical potential difference. When according to invention of claim 2 of this invention the liquid crystal molecule of a liquid crystal layer has turned to the perpendicular direction of a substrate side in general and there is almost no retardation of a liquid crystal layer, in a reflective field and a transparency field, a liquid crystal layer and a phase contrast plate are passed, and since the light which carries out incidence to the 1st polarizing plate turns into the linearly polarized light which intersects perpendicularly with the transparency shaft of a polarizing plate, little dark display of optical leakage is obtained.

[0095] According to invention of claim 3 of this invention, when the liquid crystal molecule of a liquid crystal layer has turned to the perpendicular direction of a substrate side in general, the retardation of the liquid crystal layer of a reflective field passes a liquid crystal layer and a phase contrast plate in a reflective field, even if only  $\alpha$  remains, and since the light which carries out incidence to the 1st polarizing plate turns into the linearly polarized light which intersects perpendicularly with the transparency shaft of a polarizing plate, little dark display of optical leakage is obtained.

[0096] When the liquid crystal molecule of a liquid crystal layer has turned to the perpendicular direction of a substrate side in general according to invention of claim 4 of this invention Even if the retardation of the liquid crystal layer of  $\alpha$  and said transparency field remains only in  $\beta$ , the retardation of the liquid crystal layer of said reflective field In a reflective field and a transparency field, a liquid crystal layer and a phase contrast plate are passed, and since the light which carries out incidence to the 1st polarizing plate turns into the linearly polarized light which intersects perpendicularly with the transparency shaft of a polarizing plate, little dark display of optical leakage is obtained.

[0097] According to invention of claim 5 of this invention, even when reflective mode and the transparent mode are



used together, the condition of the liquid crystal molecule at the time of a dark display is the same, the dark display which does not have optical leakage in coincidence is attained, and no matter ambient-light reinforcement may be in what condition, the high display of contrast is realized as a reflective mold, a transparency mold, or a mold in two ways.

[0098] According to invention of claim 6 of this invention, there is little light which leaks from a polarizing plate in the case of the black display at the time of no electrical-potential-difference impressing, and the reflective mold liquid crystal display which has the display grace which was high on the occasion of the white display at the time of electrical-potential-difference impression and the color display by the color filter, and was excellent in it can be realized. [ of the use effectiveness of light ] According to invention of claim 7 of this invention, the fall of contrast which depends in the direction of incidence and the viewing-angle direction of light can be prevented.

[0099] When according to invention of claim 8 of this invention expressing as the light which penetrated the transparency field when using a back light, and using an ambient light, it becomes possible to express as the light reflected in the pixel electrode formed with the reflector. Therefore, in the location where an ambient light is bright enough, the display which can be used as a transparency mold which uses a back light is realizable as an unnecessary reflective mold of a back light in a dark location.

[0100] According to invention of claim 9 of this invention, the fall of contrast which depends in the direction of incidence and the viewing-angle direction of light can be prevented. When according to invention of claim 10 of this invention revolution of the liquid crystal molecule at the time of electrical-potential-difference impression should be stabilized and it gives the direction of rubbing of a vertical substrate in addition to the same direction, since the locus of orientation processing is no longer the same direction, eye a muscle stops being able to be conspicuous easily.

[0101] According to invention of claim 11 of this invention, the retardation generated since the direction where the liquid crystal molecule near a substrate inclined is making the include angle of 90 degrees mutually near the up-and-down substrate, although retardation occurs in the inclination direction of a liquid crystal molecule when an abundance inclination is carried out to the direction of a normal of a substrate and orientation is carried out can be negated for the disclination prevention at the time of electrical-potential-difference impression, and the black display with little leakage light is obtained.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

## [Drawing 1]

6. 偏光板
7. $\lambda/4$ 板
2. 基板
4. 対向電極
5. LC層(垂直配向)
3. 反射電極
1. 基板

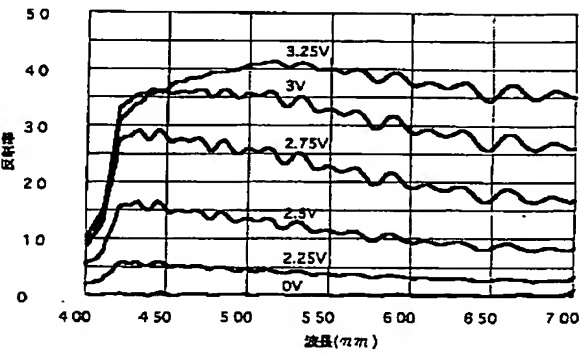
## [Drawing 2]

6. 偏光板
7. $\lambda/4$ 板
2. 基板
4. 対向電極
5. LC層(垂直配向)
3. 反射電極
8. 透明電極
1. 基板
10. $\lambda/4$ 板
9. 偏光板

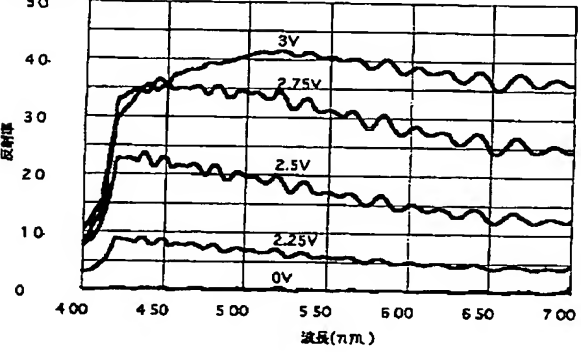
## [Drawing 3]

6. 偏光板
7. $\lambda/4$ 板
11. 光学補償層
2. 基板
4. 対向電極
5. LC層(垂直配向)
3. 反射電極
8. 透明電極
1. 基板
12. 光学補償層
10. $\lambda/4$ 板
9. 偏光板

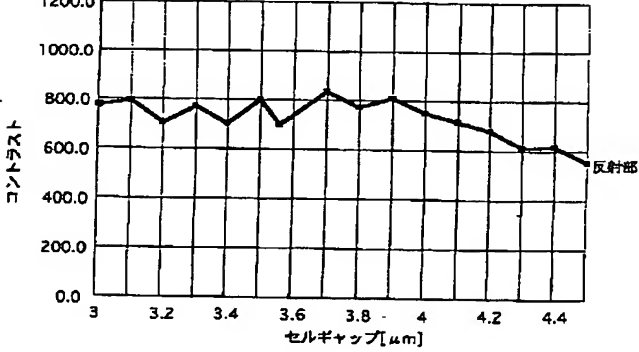
## [Drawing 4]



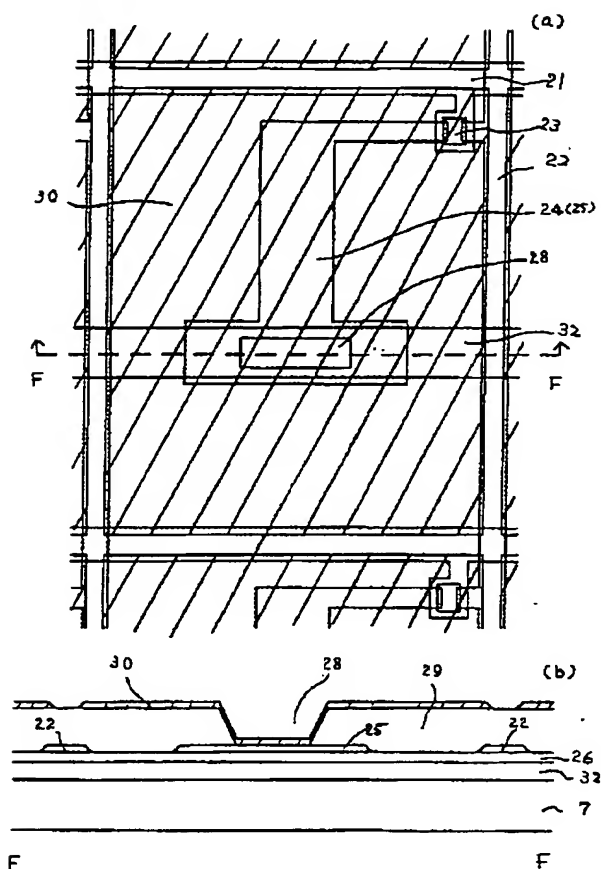
[Drawing 5]



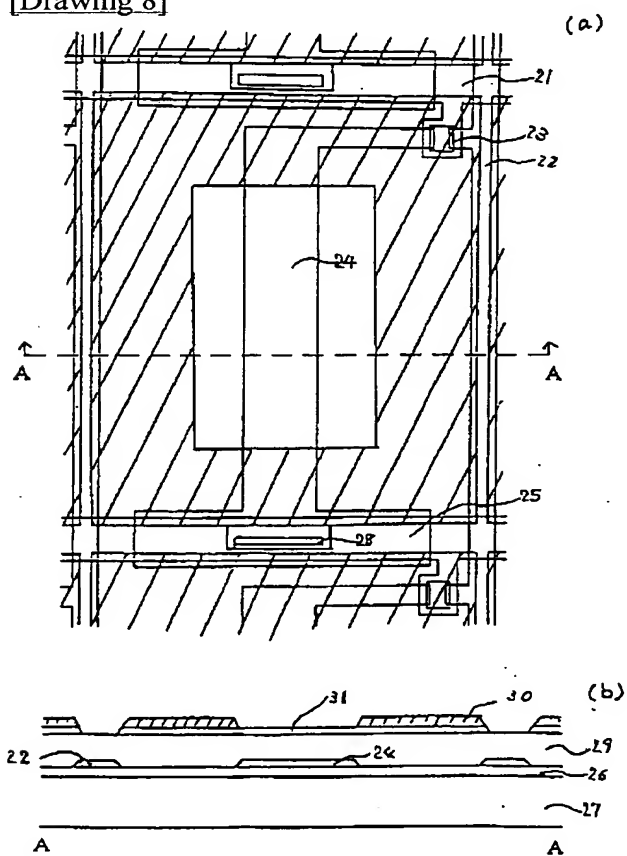
[Drawing 6]



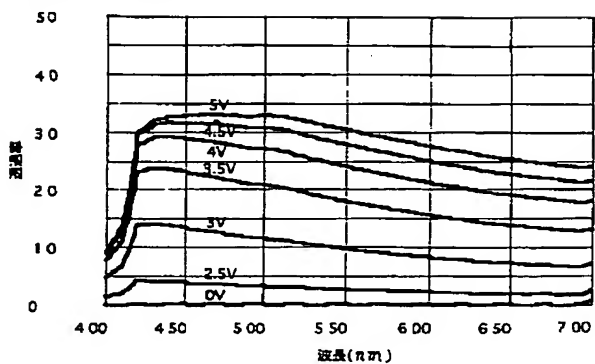
[Drawing 7]



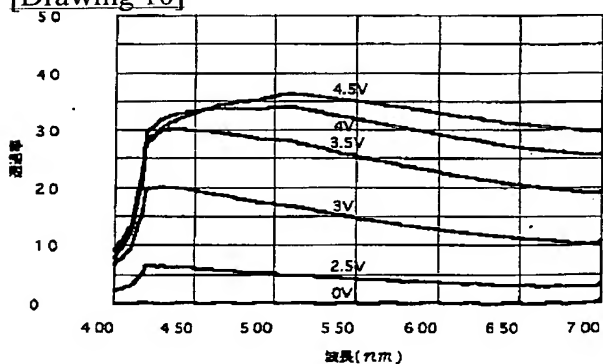
[Drawing 8]



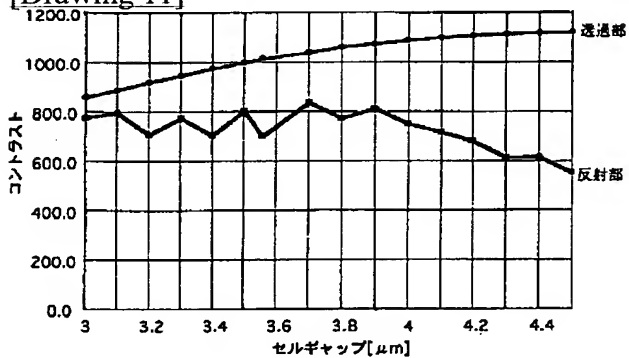
[Drawing 9]



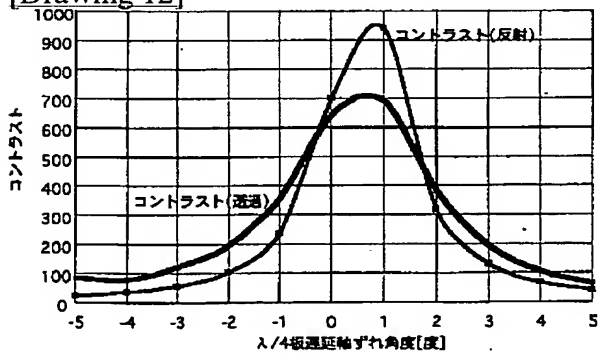
[Drawing 10]



[Drawing 11]

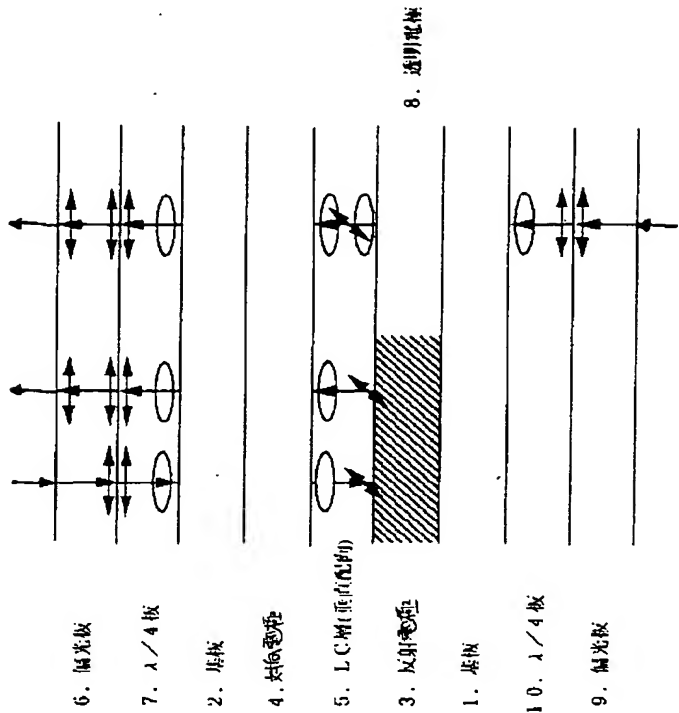


[Drawing 12]



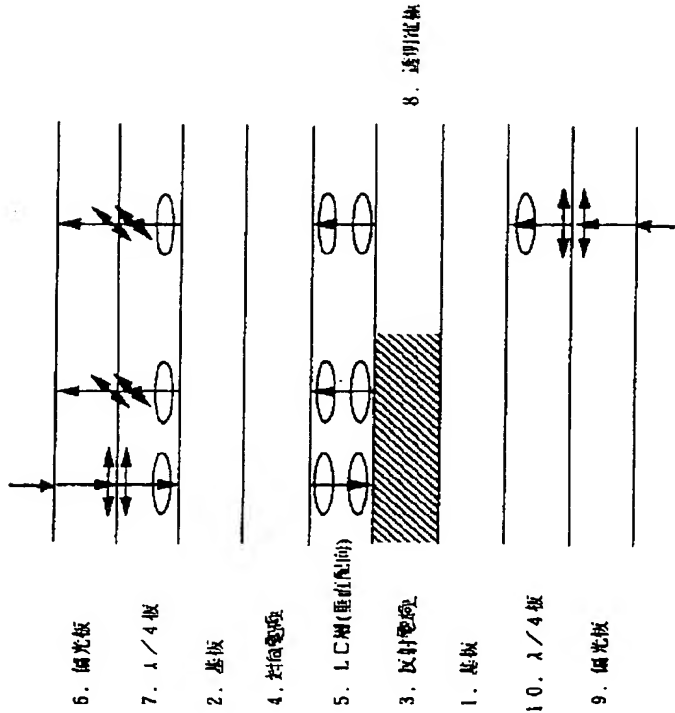
[Drawing 13]

明状態



(b)

黒状態



(a)

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-47194

(P2000-47194A)

(43) 公開日 平成12年2月18日 (2000. 2. 18)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 2 F 1/1335	5 1 0	G 0 2 F 1/1335	5 1 0 2 H 0 4 9
G 0 2 B 5/30		G 0 2 B 5/30	2 H 0 8 9
G 0 2 F 1/133	5 0 0	G 0 2 F 1/133	5 0 0 2 H 0 9 1
G 0 9 F 9/35	3 2 1	G 0 9 F 9/35	3 2 1 5 C 0 9 4

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平10-198464

(22) 出願日 平成10年7月14日 (1998. 7. 14)

(31) 優先権主張番号 特願平9-359047

(32) 優先日 平成9年12月26日 (1997. 12. 26)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平10-142412

(32) 優先日 平成10年5月25日 (1998. 5. 25)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 久保 真澄

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 鳴瀬 陽三

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74) 代理人 100103296

弁理士 小池 隆彌

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶表示装置

## (57) 【要約】

【課題】 TNモード及びSTNモードの液晶表示装置も現在では輝度やコントラストの点で十分な表示品位を有するとは言い難く、更なる高輝度化及びコントラストの向上等の表示品位の向上が求められている。

【解決手段】 基板1に反射電極3が形成され、基板2に対向電極4が形成され、反射電極3と対向電極4の間に負の誘電率異方性を示す液晶材料からなる垂直配向液晶層5が挟持されている。基板2の対向電極4が形成された側の反対の面にλ/4板7が配置され、λ/4板7の遅延軸は、液晶層5に電圧を印加した時の液晶分子の長軸方向に対して45°傾けるように配置されている。次に、λ/4板7の基板2とは反対側の面に偏光板6が設けられ、偏光板6の透過軸を液晶層5に電圧を印加した時の液晶分子の長軸方向と一致させている。

6. 偏光板

7. λ/4板

2. 基板

4. 対向電極

5. LC層(垂直配向)

3. 反射電極

1. 基板



(2)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 反射機能と透過機能とを有する領域を有する一方基板と対向電極が形成された他方基板を有し、前記一方基板と前記他方基板の間に液晶層が挟持された液晶表示装置において、前記他方基板の液晶層とは反対の面に設けられた第1の偏光手段と、前記一方基板の液晶層とは反対の面に設けられた第2の偏光手段と、前記第1の偏光手段と前記液晶層との間に設けられた第1の位相差板と、前記第2の偏光手段と前記液晶層との間に設けられた第2の位相差板とを有することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項2】 前記液晶層の液晶分子が概ね基板面の垂直方向に向いているときに、前記液晶層のリターデーションがほとんどない場合は、前記第1の位相差板と前記第2の位相差板のリターデーションが $\lambda/4$ 条件に設定されていることを特徴とする請求項1に記載の液晶表示装置。

【請求項3】 前記液晶層の液晶分子が概ね基板面の垂直方向に向いているときに、前記反射領域の液晶層のリターデーションが $\alpha$ の場合は、前記第1の位相差板のリターデーションが $(\lambda/4 - \alpha)$ 条件に設定されていることを特徴とする請求項1に記載の液晶表示装置。

【請求項4】 前記液晶層の液晶分子が概ね基板面の垂直方向に向いているときに、前記反射領域の液晶層のリターデーションが $\alpha$ 、前記透過領域の液晶層のリターデーションが $\beta$ の場合は、前記第1の位相差板のリターデーションが $(\lambda/4 - \alpha)$ 条件に、前記第2の位相差板のリターデーションが $(\lambda/4 - (\beta - \alpha))$ 条件に設定されていることを特徴とする請求項1に記載の液晶表示装置。

【請求項5】 前記第1の位相差板及び第2の位相差板が $\lambda/4$ 板からなり、前記第1の偏光手段の透過軸と前記第1の位相差板とのなす角度が $4.5^\circ$ であり、かつ、前記第2の偏光手段の透過軸と前記第2の位相差板とのなす角度が $4.5^\circ$ であることを特徴とする請求項1乃至請求項4に記載の液晶表示装置。

【請求項6】 反射電極が形成された一方基板と対向電極が形成された他方基板を有し、前記一方基板と前記他方基板の間に負の誘電率異方性を示す液晶材料を用いた垂直配向液晶層が挟持された液晶表示装置において、前記他方基板の前記液晶層とは反対の面に設けられた偏光板と、前記偏光板と前記反射電極の間に設けられた $\lambda/4$ 板を有し、前記 $\lambda/4$ 板の遅延軸は、前記偏光板の透過軸に対して $4.5^\circ$ 傾けた方向に設定されることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項7】 前記反射電極と前記偏光板の間に光学補償層を有することを特徴とする請求項6に記載の液晶表示装置。

【請求項8】 反射電極が形成された反射領域と透明電極が形成された透過領域を有する一方基板と対向電極が形成された他方基板を有し、前記一方基板と前記他方基板の間に負の誘電率異方性を示す液晶材料を用いた垂直配向液晶層が挟持された液晶表示装置において、前記他方基板の前記液晶層とは反対の面に設けられた第1の偏光板と、前記一方基板の前記液晶層とは反対の面に設けられた第2の偏光板と、前記第1の偏光板と前記液晶層の間に設けられた第1の $\lambda/4$ 板と、前記第2の偏光板と前記液晶層の間に設けられた第2の $\lambda/4$ 板を有し、前記第1の偏光板及び第2の偏光板の透過軸は、同一方向に設定され、前記第1の $\lambda/4$ 板と第2の $\lambda/4$ 板の遅延軸は、同一方向で、且つ前記第1の偏光板及び第2の偏光板の透過軸に対して各々 $4.5^\circ$ 傾けた方向に設定されることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項9】 前記の第1の偏光板と第2の偏光板の間に少なくとも1枚の光学補償層を有することを特徴とする請求項8に記載の液晶表示装置。

【請求項10】 前記負の誘電率異方性を示す液晶材料にカイラル材を添加することを特徴とする請求項6乃至請求項9に記載の液晶表示装置。

【請求項11】 前記液晶層が $90^\circ$ ツイストとなるように配向処理されていることを特徴とする請求項10に記載の液晶表示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ワードプロセッサやパーソナルコンピュータなどのOA機器や、電子手帳等の携帯情報機器、あるいは、液晶モニターを備えたカメラ一体型VTR等に用いられる反射型液晶表示装置および反射型と透過型と兼ね備えた液晶表示装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】液晶ディスプレイは、CRT（ブラウン管）やEL（エレクトロルミネッセンス）とは異なり自らは発光しないため、バックライトを液晶表示素子の背面に設置して照明する透過型液晶表示装置が用いられている。しかしながら、バックライトは通常液晶ディスプレイの全消費電力のうち50%以上を消費するため、戸外や常時携帯して使用する機会が多い携帯情報機器ではバックライトの代わりに反射板を設置し、周囲光のみで表示を行う反射型液晶表示装置も実現されている。

## 【0003】反射型液晶表示装置で用いられる表示モ-

(3)

3

ドには、現在透過型で広く用いられているTN（ツイステッドネマティック）モード、STN（スーパーツイステッドネマティック）モードといった偏光板を利用するタイプの他、偏光板を用いないために明るい表示が実現できる相転移型ゲストホストモードも近年盛んに開発が行われており、例えば特開平4-75022号公報及び特願平7-228365号に開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、相転移型ゲストホストモードは、液晶分子と色素を分散させた液晶層において色素の光吸収を用いて表示を行なうためコントラストが十分とれず、TN（ツイステッドネマティック）モード及びSTN（スーパーツイステッドネマティック）モードといった偏光板を利用するタイプの液晶表示装置に比べて表示品位は著しく悪くなる。

【0005】また、平行配向若しくはツイスト配向の液晶表示装置の場合には、液晶層の中心付近の液晶分子は電圧印加時に基板面に対して垂直方向に傾くが、配向膜表面付近の液晶分子は電圧を印加しても基板に対して垂直にならないため液晶層の複屈折率は0には程遠く、電圧印加時に黒表示を行う表示モードの場合、液晶層の複屈折のため十分な黒が表示できず、十分なコントラストを得ることができない。

【0006】TNモード及びSTNモードの液晶表示装置も現在では輝度やコントラストの点で十分な表示品位を有するとは言い難く、更なる高輝度化及びコントラストの向上等の表示品位の向上が求められている。また、反射型液晶表示装置は、周囲の光が暗い場合に表示に用いる反射光が低下し視認性が極端に低下するという欠点を有し、一方透過型液晶表示装置はこれとは逆に周囲光が非常に明るい晴天下等での視認性が低下する問題があった。

【0007】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、反射機能と透過機能とを有する領域を有する一方基板と対向電極が形成された他方基板を有し、前記一方基板と前記他方基板の間に液晶層が挟持された液晶表示装置において、前記一方基板の液晶層とは反対の面に設けられた第1の偏光手段と、前記他方基板の液晶層とは反対の面に設けられた第2の偏光手段と、前記第1の偏光手段と前記液晶層との間に設けられた第1の位相差板と、前記第2の偏光手段と前記液晶層との間に設けられた第2の位相差板とを有することを特徴とする。

【0008】請求項2に記載の発明は、前記液晶層の液晶分子が概ね基板面の垂直方向に向いているときに、前記液晶層のリターデーションがほとんどない場合は、前記第1の位相差板と前記第2の位相差板のリターデーションが $\lambda/4$ 条件に設定されていることを特徴とする。請求項3に記載の発明は、前記液晶層の液晶分子が概ね基板面の垂直方向に向いているときに、前記反射領域の

4

液晶層のリターデーションが $\alpha$ の場合は、前記第2の位相差板のリターデーションが $(\lambda/4 - \alpha)$ 条件に設定されていることを特徴とする。

【0009】請求項4に記載の発明は、前記液晶層の液晶分子が概ね基板面の垂直方向に向いているときに、前記反射領域の液晶層のリターデーションが $\alpha$ 、前記透過領域の液晶層のリターデーションが $\beta$ の場合は、前記第1の位相差板のリターデーションが $(\lambda/4 - (\beta - \alpha))$ 条件に、前記第2の位相差板のリターデーションが $(\lambda/4 - \alpha)$ 条件に設定されていることを特徴とする。請求項5に記載の発明は、前記第1の位相差板及び第2の位相差板が $\lambda/4$ 板からなり、前記第1の偏光手段の透過軸と前記第1の位相差板とのなす角度が $45^\circ$ であり、かつ、前記第2の偏光手段の透過軸と前記第2の位相差板とのなす角度が $45^\circ$ であることを特徴とする。

【0010】請求項6に記載の発明は、反射電極が形成された一方基板と対向電極が形成された他方基板を有し、前記一方基板と前記他方基板の間に負の誘電率異方性を示す液晶材料を用いた垂直配向液晶層が挟持された液晶表示装置において、前記他方基板の前記液晶層とは反対の面に設けられた偏光板と、前記偏光板と前記反射電極の間に設けられた $\lambda/4$ 板を有し、前記 $\lambda/4$ 板の遅延軸は、前記偏光板の透過軸に対して $45^\circ$ 傾けた方向に設定されることを特徴とする。請求項7に記載の発明は、前記反射電極と前記偏光板の間に光学補償層を有することを特徴とする。

【0011】請求項8に記載の発明は、反射電極が形成された反射領域と透明電極が形成された透過領域を有する一方基板と対向電極が形成された他方基板を有し、前記一方基板と前記他方基板の間に負の誘電率異方性を示す液晶材料を用いた垂直配向液晶層が挟持された液晶表示装置において、前記一方基板の前記液晶層とは反対の面に設けられた第1の偏光板と、前記他方基板の前記液晶層とは反対の面に設けられた第2の偏光板と、前記第1の偏光板と前記液晶層の間に設けられた第1の $\lambda/4$ 板と、前記第2の偏光板と前記液晶層の間に設けられた第2の $\lambda/4$ 板を有し、前記第1の偏光板及び第2の偏光板の透過軸は同一方向に設定され、前記第1の $\lambda/4$ 板と第2の $\lambda/4$ 板の遅延軸は、同一方向で、且つ前記第1の偏光板及び第2の偏光板の透過軸に対して $45^\circ$ 傾けた方向に設定されることを特徴とする。

【0012】請求項9に記載の発明は、前記の第1の偏光板と第2の偏光板の間に少なくとも1枚の光学補償層を有することを特徴とする。請求項10に記載の発明は、前記負の誘電率異方性を示す液晶材料にカイラル材を添加することを特徴とする。請求項11に記載の発明は、前記液晶層が $90^\circ$ ツイストとなるように配向処理されていることを特徴とする。

【0013】以下に本発明による作用について説明す

(4)

5

る。本発明の請求項1に記載の液晶表示装置によれば、反射機能を有する領域の反射光で表示を行う反射モードでは、液晶層の観測者方向のリターデーション（複屈折率）が0（垂直配向モードでは、初期配向状態、平行配向モードでは電圧印加状態）であれば、第1の偏光手段を透過した直線偏光が第1の位相差板と液晶層を透過して反射し再び液晶層と第1の位相差板を通過して第1の偏光手段に入射する際に、第1の偏光手段の透過軸と直交する偏光成分が多いため暗表示が可能となり、また、観測者方向にリターデーションが生じれば、第1の偏光手段を透過した直線偏光が第1の位相差板と液晶層を透過して反射し再び液晶層と第1の位相差板を通過して第1の偏光手段に入射する際に、第1の偏光手段の透過軸と平行する偏光成分を有するため各々のリターデーションに対応した階調を有する明表示が可能となる。

【0014】透過機能を有する領域の透過光で表示を行う透過モードでは、液晶層の観測者方向のリターデーションがほぼ0であれば、第2の偏光手段を通過した直線偏光が、第2の位相差板、液晶層及び第1の位相差板を通過して第1の偏光手段に入射する際に、第1の偏光手段の透過軸と直交する偏光成分が多いため暗表示が可能となり、また、観測者方向にリターデーションが大きくなると、第2の偏光手段を通過した直線偏光が、第2の位相差板、液晶層及び第1の位相差板を通過して第1の偏光手段に入射する際に、第1の偏光手段の透過軸と平行する偏光成分を有するため各々のリターデーションに対応した階調を有する明表示が可能となる。よって、反射モードおよび透過モードを併用した場合に同時に暗表示が可能となり両方併用してもコントラストの高い表示が可能となる。さらに電圧によりリターデーション値を変化させることで階調表示が可能となる。

【0015】本発明の請求項2に記載の液晶表示装置によれば、反射機能を有する領域の反射光で表示を行う反射モードでは、観測者方向に液晶層による複屈折がある状態では、円偏光が入射し、反射機能を有する領域で反射して回転方向が逆転した円偏光となり、第1の位相差板を通過すると第1の偏光手段の透過軸と直交する直線偏光となる。この液晶表示装置の反射領域では光アイソレーターとして働くので光漏れの少ない暗表示となる。

【0016】また、観測者方向に液晶層による複屈折がある状態では、そのリターデーションを変化させることで、第1の偏光手段に入射した光が反射して再び第1の偏光手段に入射する際に、第1の偏光手段の透過軸と平行な偏光成分が生じて入射されるため、階調表示が可能な明表示となる。

【0017】次に透過機能を有する領域の透過光で表示を行う透過モードでは、観測者方向に液晶層による複屈折がほとんどない状態では、液晶層に円偏光が入射し液晶層通過時には円偏光が保存され、第1の位相差板を

6

通過して第1の偏光手段の透過軸と直交する直線偏光となり光漏れの少ない暗表示となる。また、観測者方向に液晶層による複屈折がある状態ではそのリターデーションが変化するため、第2の偏光手段から入射した光が第1の偏光手段に入射する際に第1の偏光手段の透過軸と平行な偏光成分となって入射されるため階調表示が可能な明表示となる。

【0018】したがって、反射モードおよび透過モードを併用した場合でも暗表示時の液晶分子の状態が同じであり、同時に光漏れのない暗表示が可能となり、周囲光強度がどのような状態であっても反射型、透過型或いは両用型としてコントラストの高い表示が実現される。

【0019】本発明の請求項3に記載の液晶表示装置によれば、平行配向処理された表示モードや、垂直配向処理でもプレチルト角が大きい場合など、残存するリターデーションが無視できない場合でも反射型としてコントラストの高い表示が実現される。反射モードでは、液晶層には、円偏光から残存しているリターデーション分ずれた楕円偏光が入射する。液晶層を通過し、反射機能を有する領域で円偏光となり、反射して回転方向が逆転した円偏光となる。液晶層を通過して液晶層から出射する時、円偏光からずれた楕円偏光となる。このときの楕円偏光は、入射時と位相が90度ずれた状態である。このため、第1の位相差板を通過すると第1の偏光手段の透過軸と直交する直線偏光となる。この液晶表示装置の反射領域では光アイソレーターとして働くので光漏れの少ない暗表示となる。

【0020】したがって、残存するリターデーションが無視できない場合でも反射型としてコントラストの高い表示が実現される。反射電極の面積が透過電極の面積より大きい場合等、反射型表示がメインとなる場合、実施形態で示す位相差板10は $\lambda/4$ 板のままでかまわない。

【0021】本発明の請求項4に記載の液晶表示装置によれば、平行配向処理された表示モードや、垂直配向処理でもプレチルト角が大きい場合など、残存するリターデーションが無視できない場合でも反射型、透過型或いは両用型としてコントラストの高い表示が実現される。反射モードでは、液晶層には、円偏光から残存しているリターデーション分ずれた楕円偏光が入射する。液晶層を通過し、反射機能を有する領域で円偏光となり、反射して回転方向が逆転した円偏光となる。液晶層を通過して液晶層から出射する時、円偏光からずれた楕円偏光となる。このときの楕円偏光は、入射時と位相が90度ずれた状態である。このため、第1の位相差板を通過すると第1の偏光手段の透過軸と直交する直線偏光となる。この液晶表示装置の反射領域では光アイソレーターとして働くので光漏れの少ない暗表示となる。

【0022】次に透過機能を有する領域の透過光で表示を行う透過モードでは、観測者方向に液晶層による複屈

(5)

7

折がほとんどない状態では、液晶層を出射したとき反射モードの出射光と同じ状態の楕円偏光となるように第2の位相差板が設定され、その位相差を有した楕円偏光が入射するので、第1の位相差板を通過した時、第1の偏光手段の透過軸と直交する直線偏光となり光漏れの少ない暗表示となる。したがって、残存するリターデーションが無視できない場合でも反射型、透過型或いは両用型としてコントラストの高い表示が実現される。

【0023】本発明の請求項5に記載の液晶表示装置によれば、残存するリターデーションが無視できる場合、最も簡単な構成で、液晶層に円偏光を入射させることができる。

【0024】本発明の請求項6に記載の液晶表示装置によれば、液晶層の電圧無印加時には液晶層の複屈折率はほぼ0であり、電圧無印加時に良好な黒レベルが得られ、表示装置のコントラストが向上する。本発明の請求項8に記載の液晶表示装置によれば、周囲の光が暗い場合はバックライトを用いて透過率の高い透明電極8を透過する光を利用して表示する透過型液晶表示装置として使用し、周囲光が明るい場合には、光反射率の比較的高い膜で形成した反射電極3での反射光を利用して表示する反射型液晶表示装置として表示が可能となり、更に透過型と反射型とを併用しても完全な黒表示が同時に行われることでコントラストの高い表示が可能となる。その説明を以下にする。

【0025】一般に、透過反射両用型液晶表示装置に複屈折を用いたノーマリブラック（以下NBという）とノーマリホワイト（以下NWという）の表示モードがある。NWではセルギャップ変化に対して黒になる液晶層への印加電圧が変化するのに対して、NBではセルギャップ変化に対して白になる液晶層への印加電圧が変化する。そのためNWではセルギャップ変化によりコントラスト比が著しく変化するため、高精度のセルギャップ制御が必要となる。対して、NBではセルギャップ変化によるコントラスト比の変化はほとんど発生せず、セルギャップ制御に対するマージンが大きくなる。

【0026】また、TFT素子に欠陥が生じて画素電極に印加されない場合に黒点となるので不良が目立たなくなる。したがって、本発明によればNBの透過反射両用型表示装置が生産技術面で効率良く製造されるので、どのような周囲光のもとでもコントラストの高い表示が容易に実現できる。

【0027】本発明の請求項7及び請求項9に記載の液晶表示装置によれば、液晶層5の光の入射方向や視角方向で発生する液晶分子の屈折率異方性に起因する影響を補償するような光学補償層を設けることにより、液晶層5の光の入射方向や視角方向で発生する屈折率異方性を補償することができ、光の入射方向や視角方向に依存するコントラストの低下を防止できる。

【0028】本発明の請求項10に記載の液晶表示装置

8

によれば、負の誘電性異方性を示す液晶材料を用いた垂直配向液晶層にカイラル材を添加し電圧印加時に液晶分子を旋回させていることにより電圧印加時の液晶分子の旋回を安定したものとすることができる。更に上下基板のラビング方向を同一方向以外に施す場合、配向処理の軌跡が同一方向でなくなるため筋目が目立ちにくくなる。

【0029】本発明の請求項11に記載の液晶表示装置によれば、電圧印加時のディスクリネーション防止のため基板に対し数度傾斜して配向させた場合に液晶分子の傾斜方向にリターデーションが発生するが、基板付近の液晶分子の傾斜した方向が上下の基板付近で互いに90°の角度をなしているため、発生するリターデーションを打ち消すことができ、漏れ光が少ない黒表示が得られる。

【0030】

【発明の実施の形態】（実施形態1）本発明の実施形態1について図1を用いて説明する。基板1にA1、Ta等の反射率の高い材料で反射電極3が形成され、基板2に對向電極4が形成され、反射電極3と對向電極4の間に負の誘電率異方性を示す液晶材料からなる液晶層5が挟持されている。

【0031】反射電極3及び對向電極4の液晶層5と接する表面にはそれぞれ垂直配向性の配向膜（図示せず）が形成されており、配向膜の塗布後、少なくとも一方の配向膜にラビング等の配向処理を行っている。液晶層5の液晶分子は垂直配向性の配向膜に対するラビング等の配向処理により、基板面の垂直方向に対して0.1°から5.°程度のチルト角を持つ。

【0032】液晶層5には負の誘電率異方性を示す液晶材料が用いられているため、反射電極3と對向電極4の間に電圧を印加すると、液晶分子が基板面と平行方向に向かって傾く。ここで、反射電極3は液晶層5に電圧を印加する電極として用いているが、反射電極と電極とは別の膜、例えばA1の反射板とITOの透明電極の積層構造としても良い。

【0033】液晶層5の液晶材料として、Ne（異常光に対する屈折率）=1.5546、No（正常光に対する屈折率）=1.4773、 $\Delta N$ （Ne-No）=0.0773の屈折率異方性を有する液晶材料を用いた。基板2の對向電極4が形成された側の反対の面にλ/4板7が配置され、λ/4板7の遅延軸は、液晶層5に電圧を印加した時の液晶分子の長軸方向に対して45°傾けるように配置されている。

【0034】λ/4板7は直線偏光を円偏光に、円偏光を直線偏光に変えるものである。λ/4板7は、基板2の對向電極4が形成された側の反対の面に形成したが、反射電極3と基板2の間に設けてもよい。

【0035】また、λ/4板7は、基板面に貼り付けたリ、偏光板6と一体化したほうが製造コストを抑えるこ

(6)

9

とができる。次に、 $\lambda/4$ 板7の基板2とは反対側の面に偏光板6が設けられ、偏光板6の透過軸を $\lambda/4$ 板7の遅延軸に対して $45^\circ$ 傾けるように配置されている。

【0036】図7(a)は実施形態1のアクティブマトリクス基板の平面図を示し、図7(b)は図7(a)のF-F断面の断面図を示す。このアクティブマトリクス基板は、ゲート配線21、データ配線22、駆動素子23、ドレイン電極24、補助容量電極25、ゲート絶縁膜26、絶縁性基板27、コンタクトホール28、層間絶縁膜29、反射電極30を備えている。

【0037】補助容量電極25は、ドレイン電極24と電気的に接続されており、ゲート絶縁膜26を介して補助容量配線32と重畳し補助容量を形成している。コンタクトホール28は、反射30と補助容量電極25を接続するために層間絶縁膜29に設けられている。

【0038】図13を用いて実施形態1の液晶表示装置における光の透過状態を説明する。図13(a)は液晶層に電圧が印加されていない黒表示の場合を示し、図13(b)は液晶層に電圧が印加された白表示の場合を示し、それぞれの図において左の領域に反射電極3が形成されている。

【0039】図13(a)によって黒表示を説明する。図13(a)の上側から偏光板6表面から入った入射光は、偏光板6を通った後偏光板の透過軸に一致した直線偏光となり、 $\lambda/4$ 板7に入射される。

【0040】 $\lambda/4$ 板7は、偏光板6の透過軸方向と $\lambda/4$ 板7の遅延軸方向が $45^\circ$ になるように配置されており、 $\lambda/4$ 板7を通過した光は円偏光になる。液晶層5に電界を印加していない場合は、負の誘電率異方性を示す液晶材料を用いた液晶層5は液晶分子が基板面からほぼ垂直に配向しており、入射する光に対する液晶層5の屈折率異方性は極わずかであり、光が液晶層5を透過することによって生じる位相差はほぼ0である。

【0041】従って、 $\lambda/4$ 板7を通過した円偏光の光は、円偏光を崩さずに液晶層5を透過し、一方の基板1上にある反射電極3にて反射される。反射された円偏光の光は、液晶層5を基板2方向に透過していき、円偏光のまま再び $\lambda/4$ 板7に入射される。

【0042】 $\lambda/4$ 板7に入射された円偏光は $\lambda/4$ 板7を通過した後は、偏光板6の透過軸方向と直交する方向の直線偏光になり、偏光板6に入射される。 $\lambda/4$ 板7を通過した直線偏光は、偏光板6の透過軸と直交する方向の直線偏光であり、偏光板6で吸収され透過しない。この様に、液晶層5に電圧を印加しない場合は黒表示となる。

【0043】次に図3(b)によって白表示を説明する。図3(b)は、液晶層5に電圧を印加する場合であり、 $\lambda/4$ 板7を通過するまでは図3(a)同一であり説明は省略する。

【0044】液晶層5に電圧を印加すると、基板面から

10

垂直方向に配向していた液晶分子は基板面と水平方向に傾き、液晶層5に入射した $\lambda/4$ 板7からの円偏光は、液晶分子の複屈折により楕円偏光になり、反射電極3で反射された後さらに液晶層5で偏光が変化し、 $\lambda/4$ 板7を通った後でも偏光板6の透過軸と直交する直線偏光にはならず、偏光板6を通して光が透過する。

【0045】この時の液晶層5に印加される電圧を調整することで、反射した後に偏光板6を透過できる光量を調整することができ階調表示が可能になる。また、反射電極3と対向電極4から液晶層5に電圧を印加し、液晶層5の位相差が $1/4$ 波長条件になるように液晶分子の配向状態を変化させると、 $\lambda/4$ 板7を通った後の円偏光は液晶層5を通過して反射電極3に達したときに偏光板6の透過軸と直交する直線偏光になり、再び液晶層5を通過して円偏光になった後に $\lambda/4$ 板7を通過し、偏光板6の透過軸と平行な直線偏光になり、偏光板6を透過する反射光は最大になる。

【0046】従って、液晶層5に電圧が印加されていないときは、液晶層5に複屈折は無く黒表示が得られ、液晶層5に電圧が印加するとその印加電圧によって光の透過率が異なり階調表示が可能になる。

【0047】図4に、実施形態1の液晶表示装置において、液晶層のセルギャップを $d=3.56\mu\text{m}$ 、液晶層の位相差を $d\Delta N=0.2752$ としたときの反射型液晶表示装置の垂直入射垂直受光時の分光反射率特性を示す。ここで、図4は反射板単体に対しての垂直入射垂直受光時の分光反射を100としている。

【0048】図4に示す様に、液晶層5に電圧を印加していない暗表示と、電圧3.25V印加時の明表示において、400nmから700nmの波長域全域で50以上という十分なコントラスト比が得られる。また、液晶層5の印加電圧が3.25Vの場合、約40%の反射率が得られ、これは用いている偏光板6の透過率とほぼ同等であり、光の利用効率がよく反射型液晶表示装置に適している。

【0049】図5は、実施形態1において液晶層のセルギャップを $d=4.5\mu\text{m}$ 、液晶層の位相差を $d\Delta N=0.3479$ としたときの反射型液晶表示装置の垂直入射垂直受光時の分光反射率特性を示す。従って図5に分光反射率特性を示す液晶のセルギャップを $d=4.5\mu\text{m}$ とした反射型液晶表示装置では、液晶層5に電圧を印加していない暗表示と、電圧3V印加時の明表示において、400nmから700nmの波長域全域で50以上という十分なコントラスト比が得られる。また、液晶層5への印加電圧が3Vの場合に、セルギャップ $d=3.56\mu\text{m}$ の反射型液晶表示装置と同様に約40%の反射率が得られる。

【0050】図6に実施形態1の反射型液晶表示装置の垂直入射垂直受光時の波長550nmでのセルギャップとコントラスト比の関係を示す。図6は、液晶の位相差

50



(7)

11

$d \Delta n$ が $1/4$ 波長条件を満たす電圧を印加して測定する。図6に示すように、実施形態1の反射型表示装置では、液晶層のセルギャップに関係無くコントラスト比500以上を維持している。

【0051】よって、液晶層5に電圧を印加する場合に、位相差 $d \Delta n$ が $1/4$ 波長条件を満たす限りコントラスト比の低下無しで表示でき、セルギャップ $d$ を任意に設定することが可能である。

【0052】図12に、 $\lambda/4$ 板7の遅延軸を偏光板6の透過軸に $45^\circ$ 傾けた場合を $0^\circ$ とした場合の、 $\lambda/4$ 板7の遅延軸の角度のずれとコントラスト比の関係を示す。ここで、 $\lambda/4$ 板7の遅延軸の角度のずれが $3^\circ$ 以内ならば、コントラスト比50以上が得られ、良好な表示特性の反射型液晶表示装置を作ることができる。

【0053】従って、偏光板と $\lambda/4$ 板の張り合わせにおいて、 $\lambda/4$ 板7の遅延軸と偏光板6の透過軸の角度が設定値から少しずれても高いコントラストの表示装置が得られる。ここで、図6、図7はパネルの表面反射の影響を除去しているが、実際の使用時にはパネルの表面反射の影響を無視することはできず、その場合のコントラスト比は20程度であるが反射型液晶表示装置のコントラストとして良好な値となる。

【0054】本実施形態で用いている垂直配向液晶材料を用いた液晶表示装置は、電圧無印加時に液晶層のリタデーションをほぼ0にできるので、ノーマリーブラック表示の場合、暗状態をより暗くすることができ、コントラストを高めることができる。

【0055】(実施形態2)本発明の実施形態2について図2を用いて説明する。実施形態1と同一の構成については同一の符号を付加している。一方の基板1にA1、Ta等の反射率の高い材料で形成された反射電極3とITO等の透過率の高い材料で形成された透明電極8とが設けられ、基板2に対向電極4が設けられ、反射電極3及び透明電極8と対向電極4との間に負の誘電性異方性を示す液晶材料からなる液晶層5が挟持されている。

【0056】反射電極3、透明電極8及び対向電極4の液晶層5と接する面にはそれぞれ垂直配向性の配向膜(図示せず)が形成されており、配向膜の塗布後、少なくとも一方の配向膜にラビング等の配向処理を行っている。液晶層5の液晶分子は、垂直配向性の配向膜に対するラビング等の配向処理により、基板面の垂直方向に対して $0.1^\circ$ から $5^\circ$ 程度のチルト角を持つ。

【0057】ここで、反射電極3は液晶層に電圧を印加する電極として用いているが、反射電極を電極として使わずに、透明電極8を反射電極の上まで延ばして反射領域での液晶層5に電圧を印加する電極としても良い。液晶層5の液晶材料として、実施形態1と同じ $N_e = 1.5546$ 、 $N_o = 1.4773$ の屈折率異方性を有する液晶材料を用いた。

12

【0058】基板2の対向電極4が形成された側の反対面に $\lambda/4$ 板7が配置され、 $\lambda/4$ 板7の遅延軸は、液晶層5に電圧を印加したときに液晶分子の長軸方向に対して $45^\circ$ 傾けるように配置されている。基板1の反射電極3及び透明電極8が形成された側の反対面に $\lambda/4$ 板10が配置され、 $\lambda/4$ 板10の遅延軸は、 $\lambda/4$ 板7の遅延軸と同一方向に設定されている。

【0059】 $\lambda/4$ 板7の基板2とは反対側の面に偏光板6が、 $\lambda/4$ 板10の基板1とは反対側に偏光板9がそれぞれ設けられており、偏光板6と偏光板9の透過軸は、 $\lambda/4$ 板7と $\lambda/4$ 板10の遅延軸に対して $45^\circ$ 傾けるように設定されている。

【0060】図8(a)は本発明の実施形態2のアクティブマトリクス基板の平面図を示し、図8(b)は図8(a)のA-A断面の断面図を示す。アクティブマトリクス基板は、ゲート配線21、データ配線22、駆動素子23、ドレイン電極24、補助容量電極25、ゲート絶縁膜26、絶縁性基板27、コンタクトホール28、層間絶縁膜29、反射用絵素電極30と透過用絵素電極31を備えている。

【0061】補助容量電極25は、ドレイン電極24と電気的に接続されており、ゲート絶縁膜26を介してゲート配線21と重畳し補助容量を形成している。コンタクトホール28は、透過用絵素電極31と補助容量電極25を接続するために層間絶縁膜29に設けられている。

【0062】このアクティブマトリクス基板は一つの絵素の中に反射用絵素電極30と透過用絵素電極31を備えており、一つの絵素の中に外部からの光を反射する反射用絵素電極30部分とバックライトの光を透過する透過用絵素電極31部分を形成している。

【0063】図13を用いて実施形態2の液晶表示装置における光の透過状態を説明する。

【0064】図13(a)は液晶層5に電圧が印加されない黒表示の場合を示し、図13(b)は液晶層5に電圧が印加された白表示の場合を示している。

【0065】図13で、反射電極3を有する領域は実施形態1の反射型液晶表示装置と同じ構成であり、反射型表示装置として用いる場合には第1の反射型液晶表示装置と同様の原理で表示が可能であるので説明は省略する。図13(a)、及び図13(b)の右の領域である透明電極8が形成された領域の光の状態を説明する。図13(a)の下側から光源(図示せず)によって出射された光は偏光板9で偏光板9の透過軸に一致した直線偏光になる。

【0066】 $\lambda/4$ 板10は、 $\lambda/4$ 板10と偏光板9の透過軸方向の遅延軸方向が $45^\circ$ になるように配置されており、 $\lambda/4$ 板10を通過した光は円偏光になる。液晶層5に電界が発生していない場合は、負の誘電率異方性を示す液晶材料を用いた液晶層5は液晶分子が基板

(8)

13

面からほぼ垂直に配向しており、入射する光に対する液晶層5の屈折率異方性は極わずかであり、光が液晶層5を透過することによって生じる位相差はほぼ0である。

【0067】従って、 $\lambda/4$ 板10から出射される円偏光は、円偏光を崩さずに液晶層5を透過し、 $\lambda/4$ 板7に入射する。 $\lambda/4$ 板10の遅延軸方向と $\lambda/4$ 板7の遅延軸方向が一致しており、 $\lambda/4$ 板7に入射した円偏光は、偏光板9の透過軸方向と直交する方向の直線偏光になり、偏光板6に入射される。

【0068】 $\lambda/4$ 板7から出射された直線偏光は、偏光板6の透過軸と直交する方向の直線偏光であり、偏光板6で吸収され光は透過しない。この様に、液晶層5に電圧を印加しない場合は黒表示になる。

【0069】次に図13(b)によって白表示を説明する。図13(b)は液晶層に電圧を印加する場合であり $\lambda/4$ 板10を光が通過するまでは図13(a)と同一であり説明は省略する。

【0070】液晶層5に電圧を印加すると、基板表面から垂直方向に向いていた液晶層5の液晶分子は基板面と水平方向に傾き、液晶層に入射した $\lambda/4$ 板10からの円偏光は、液晶層5の複屈折により楕円偏光になり、 $\lambda/4$ 板7を通過した後でも偏光板6の透過軸と直交する直線偏光にはならず、偏光板6を通して光が透過する。この時の液晶層5に印加される電圧を調整することで、偏光板6に入射する光の偏光状態を変えることができ、偏光板6を透過する光量を調整し階調表示が可能になる。

【0071】また、液晶層5の位相差が $1/2$ 波長条件になるように、液晶層5に電圧を印加すると、 $\lambda/4$ 板10を通った後の円偏光は液晶層5のセル厚の半分の地点で偏光板9の透過軸に直交する直線偏光になり、残りの液晶層5を通過すると円偏光になる。液晶層5から出射される円偏光は $\lambda/4$ 板7を通過すると偏光板6の透過軸と平行な直線偏光になるため、偏光板6に入射される光のほとんどが偏光板6を透過するため偏光板6の透過光は最大になる。

【0072】よって、実施形態2では、反射電極3の領域及び透明電極8の領域共に、液晶層5に電圧が印加されていないときは、液晶層5に複屈折が無く黒表示が得られ、液晶層5に電圧を印加することで光の透過量を調整し階調表示が可能になる。図9に実施形態2において、液晶層のセルギャップ $d=3.56\mu\text{m}$ 、液晶層の位相差 $d\Delta N=0.2752$ の透過反射両用型液晶表示装置の透過領域での垂直入射垂直受光時の分光透過率特性を示す。ここで、反射電極3が有る領域での分光反射率特性は図4と同様である。

【0073】図9は、空気に対しての垂直入射垂直受光時の分光透過を100としている。図9に示す様に、液晶層5に電圧を印加していない黒表示と、電圧5V印加時の明表示において、400nmから700nmの波長

14

域全域で十分なコントラスト比が得られる。また、液晶層5への印加電圧が5Vの場合、約30%の反射率が得られ、これは用いている偏光板6の透過率の8割程度である。このことから、この表示方式は光の利用効率が高く透過反射両用型液晶表示装置に適している。

【0074】図10は実施形態2の液晶表示装置において、液晶層5のセルギャップを $d=4.5\mu\text{m}$ 、液晶層5の位相差を $d\Delta N=0.3479$ としたときの透過反射両用型液晶表示装置の透過領域での垂直入射垂直受光時の分光透過率特性を示す。図9のセルギャップ $d=3.56\mu\text{m}$ の透過反射両用型液晶表示装置と同様に、液晶層5に電圧を印加していない黒表示と、電圧5V印加時の明表示において、400nmから700nmの波長域全域で十分なコントラスト比が得られ、また、液晶層への印加電圧が5Vの場合に約40%の透過率が得られる。

【0075】図11に実施形態2の透過反射両用型液晶表示装置の透過領域での垂直入射垂直受光時の波長550nmでのセルギャップとコントラスト比の関係を示す。図11は、液晶の位相差 $d\Delta n$ が $1/2$ 波長条件を満たす電圧を印加して測定してる。

【0076】この様に、セルギャップに関係無く透明電極8の領域で透過型液晶表示装置として用いる場合コントラスト比800以上、反射電極3の領域で反射型液晶表示装置として用いる場合コントラスト比500以上を維持している。よって液晶層5に電圧印加時に、位相差 $d\Delta n$ が $1/2$ 波長条件を満たす限りコントラスト比の低下無しで表示でき、セルギャップ $d$ を任意に設定することが可能である。

【0077】図12に $\lambda/4$ 板7の遅延軸を偏光板6の透過軸に $45^\circ$ 傾けた場合を $0^\circ$ とした場合の $\lambda/4$ 板7の遅延軸の角度のずれとコントラスト比の関係を示す。ここで、 $\lambda/4$ 板7の遅延軸の角度のずれが $3^\circ$ 以内ならば、透明電極8の形成された透過領域で透過型液晶表示装置として使用する場合や、反射電極3の形成された反射領域で反射型液晶表示装置として使用する場合、共にコントラスト比50以上が得られ、良好な表示特性の反射型透過両用型液晶表示装置が得られる。

【0078】従って、周囲の光が暗い場合はバックライトを用いて透明電極8を透過する光を利用して表示する透過型液晶表示装置として使用し、周囲光が明るい場合には、光反射率の比較的高い膜で形成した反射電極3での反射光を利用して表示する反射型液晶表示装置として表示が可能になる。従って、1枚のパネルで周囲の光が暗い場合ではバックライトを用い、周囲光が明るい場合はバックライトを使わずに周囲光を利用する、あるいは、バックライトと反射光の両方を使用しても表示が可能な透過反射両用型液晶表示装置として用いることが可能になる。

【0079】よって、従来の透過型液晶表示装置よりも



(9)

15

周囲光が明るい場合にはバックライトを使わない分低消費電力であり、周囲の光が暗い場合ではバックライトを用いることで、従来の反射型液晶表示装置のように周囲の光が暗いと十分な表示が得られないという欠点を克服できる。

【0080】本実施形態で用いている垂直配向液晶材料を用いた液晶表示装置は、電圧無印加時に液晶層のリターデーションをほぼ0にできるので、ノーマリーブラック表示の場合、透過表示および反射表示で暗状態をより暗くすることができ、コントラストを高めることができる。

【0081】（実施形態3）本発明の実施形態3について図3の断面概略図を用いて説明する。実施形態1及び実施形態2と共通の構成については説明を省略する。実施形態3の液晶表示装置は、基板1と偏光板9の間に $\lambda/4$ 板10と光学補償板12を有し、基板2と偏光板6の間に $\lambda/4$ 板7と光学補償板11を有している。

【0082】液晶層5に電圧が印加されていない場合は、負の誘電率異方性を示す液晶材料を用いた液晶層5の液晶分子は基板面からほぼ垂直に配向しており、基板正面からは液晶層5による屈折率異方性は無い。しかしながら、反射型液晶表示装置として用いる場合には、光は基板面に対して垂直方向だけでなく他の方向からの光も表示に利用するため、周囲光等の基板面に対して斜め方向の光が液晶層5に入射する場合には、屈折率異方性の影響を受ける。

【0083】また、視角方向も基板表面に垂直とは限らないため、視角方向が基板面の垂直方向からずれるにつれて液晶層5の液晶分子の屈折率異方性の影響を受けるようになり、コントラストの低下が発生する。そこで、液晶層5の光の入射方向や視角方向で発生する液晶分子の屈折率異方性に起因する影響を補償するような光学補償層11、12を設けることにより、液晶層5の光の入射方向や視角方向で発生する屈折率異方性を補償することができ、光の入射方向や視角方向に依存するコントラストの低下を防止できる。

【0084】また垂直配向液晶層5で電圧印加時に液晶分子が一方向に傾く様に液晶分子のプレティルトを基板表面の垂直の方向から若干寝かしている場合には、垂直配向液晶層5の電圧無印加時であっても基板に対して垂直方向において若干の屈折率異方性が発生するので、この屈折率異方性を補償する様に、光学補償層を設計することにより、基板表面から垂直方向からみたコントラスト比もさらに向上する。

【0085】実施形態3では $\lambda/4$ 板と光学補償層を別の層として説明したが、同一層に作り込んでも同様の効果が得られる。また、実施形態3では光学補償層11と光学補償層12の2つの光学補償層を用いたが、光学補償層11だけとしてもよい。

【0086】実施形態3では透過反射両用型表示装置で

16

説明したが、実施形態1の反射型液晶表示装置において、偏光板6と反射電極3の間に液晶層5の液晶分子の屈折率異方性を補償するように光学補償層を設けることによりコントラスト比の低下を防止できる。また、実施形態1乃至実施形態3では、白表示と黒表示の場合について説明したが、反射領域や透過領域の対応箇所に各色のカラーフィルターを設けてカラー表示を行うこともできる。

【0087】実施形態1乃至実施形態3の負の誘電率異方性を示す液晶材料を用いた垂直配向液晶層5にカイラル材を添加することにより、電圧印加時に液晶分子を旋回させて電圧印加時の液晶分子の旋回を安定したものとすることができる。その際に、液晶層が $90^\circ$ ツイストとなるように配向処理することにより、電圧印加時のディスプレイ防止のため基板面の法線方向に対し数度傾斜して配向させた場合に液晶分子の傾斜方向にリターデーションが発生するが、基板付近の液晶分子の傾斜した方向が上下の基板付近で互いに $90^\circ$ の角度をなしているため、発生するリターデーションを打ち消すことができ、漏れ光が少ない黒表示が得られる。

【0088】実施形態1乃至実施形態3は、負の誘電率異方性を有する垂直配向性液晶を用いているが、平行配向性液晶を用いても同様の表示が可能である。即ち、垂直配向性液晶の代わりに平行配向性液晶を用いると、電圧無印加時に液晶分子が基板面に平行に配置され、電圧印加時に液晶分子が基板面の法線方向に傾くため、電圧無印加時に白表示、電圧印加時に黒表示の液晶表示装置が得られる。この平行配向性液晶を用いた黒表示の場合は基板付近の液晶分子により、垂直配向性液晶の場合よりも残存するリターデーションが多くなる。この為より完全な黒表示を行う為にはこれを補償する位相差板を併用すればよい。

【0089】液晶分子が概ね基板面の垂直方向に向いている状態の液晶層において、反射モードでは $\alpha$ のリターデーションが残存している場合、 $\lambda/4$ 板7に代えて、 $(\lambda/4 - \alpha)$ のリターデーションをもつ位相差板を配置すればよい。

【0090】反射モードでは、液晶層には、円偏光から液晶層の残存しているリターデーション分ずれた楕円偏光が入射する。液晶層を通過し、反射機能を有する領域で円偏光となり、反射して回転方向が逆転した円偏光となる。液晶層を通過して液晶層から出射するとき、円偏光からずれた楕円偏光となる。このときの楕円偏光は、入射時位相が $90^\circ$ ずれた状態にある。位相差板を通過すると偏光板6の透過軸と直交する直線偏光となる。

【0091】従って、液晶分子が基板面の垂直方向に向いている状態の液晶層に残存するリターデーションが無視できない場合でも、そのリターデーションを考慮した位相差板を配置することにより反射モードでコントラストの高い表示が実現できる。更に、液晶層に反射モード

(10)

17

では $\alpha$ 、透過モードでは $\beta$ のリターデーションが残存している場合、 $\lambda/4$ 板7に代えて $(\lambda/4 - \alpha)$ のリターデーションをもつ位相差板、 $\lambda/4$ 板10に代えて $(\lambda/4 - (\beta - \alpha))$ のリターデーションをもつ位相差板を配置すればよい。

【0092】透過機能を有する領域の透過光で表示を行う透過モードでは、液晶分子が基板面の垂直方向に向いている状態では、液晶層を出射したとき反射モードの出射光と同じ状態の楕円偏光となるように上記 $(\lambda/4 - (\beta - \alpha))$ のリターデーションをもつ位相差板が設定され、その位相差を有した楕円偏光が上記 $(\lambda/4 - \alpha)$ のリターデーションをもつ位相差板に入射するので、上記 $(\lambda/4 - \alpha)$ のリターデーションをもつ位相差板を通過したとき、偏光板6の透過軸と直交する直線偏光となり光漏れの少ない暗表示となる。

【0093】従って、液晶分子が基板面の垂直方向に向いている状態の液晶層に残存するリターデーションが無視できない場合でも、そのリターデーションを考慮した位相差板を配置することにより反射モードでコントラストの高い表示が実現できる。

【0094】

【発明の効果】本発明の請求項1の発明によれば、反射モードおよび透過モードを備えた表示装置においてコントラストの高い表示が可能となる。また、反射モードおよび透過モードを併用した場合に同時に暗表示が可能となり両方併用してもコントラストの高い表示が可能となる。さらに電圧によりリターデーション値を変化させることで階調表示が可能となる。本発明の請求項2の発明によれば、液晶層の液晶分子が概ね基板面の垂直方向に向いているときに、液晶層のリターデーションがほとんどない場合には、反射領域及び透過領域において、液晶層と位相差板を通過し、第1の偏光板に入射する光が、偏光板の透過軸と直交する直線偏光となるため光漏れの少ない暗表示が得られる。

【0095】本発明の請求項3の発明によれば、液晶層の液晶分子が概ね基板面の垂直方向に向いているときに、反射領域の液晶層のリターデーションが $\alpha$ だけ残存していても、反射領域において、液晶層と位相差板を通過し、第1の偏光板に入射する光が、偏光板の透過軸と直交する直線偏光となるため光漏れの少ない暗表示が得られる。

【0096】本発明の請求項4の発明によれば、液晶層の液晶分子が概ね基板面の垂直方向に向いているときに、前記反射領域の液晶層のリターデーションが $\alpha$ 、前記透過領域の液晶層のリターデーションが $\beta$ だけ残存していても、反射領域及び透過領域において、液晶層と位相差板を通過し、第1の偏光板に入射する光が、偏光板の透過軸と直交する直線偏光となるため光漏れの少ない暗表示が得られる。

【0097】本発明の請求項5の発明によれば、反射モ

18

ードおよび透過モードを併用した場合でも暗表示時の液晶分子の状態が同じであり、同時に光漏れのない暗表示が可能となり、周囲光強度がどのような状態であっても反射型、透過型或いは両用型としてコントラストの高い表示が実現される。

【0098】本発明の請求項6の発明によれば、電圧無印加時の黒表示の際に偏光板から漏れる光が少なく、電圧印加時の白表示及びカラーフィルターによるカラー表示の際に光の利用効率が高く、優れた表示品位を有する反射型液晶表示装置を実現できる。本発明の請求項7の発明によれば、光の入射方向や視角方向に依存するコントラストの低下を防止できる。

【0099】本発明の請求項8の発明によれば、バックライトを用いる場合は透過領域を透過した光で表示を行ない、周囲光を利用する場合は、反射電極で形成した画素電極において反射した光で表示を行なうことが可能となる。従って、周囲光が十分に明るい場所ではバックライトの不要な反射型として、暗い場所ではバックライトを用いる透過型として用いることが可能な表示装置が実現できる。

【0100】本発明の請求項9の発明によれば、光の入射方向や視角方向に依存するコントラストの低下を防止できる。本発明の請求項10の発明によれば、電圧印加時の液晶分子の旋回を安定したものとすることができ、上下基板のラビング方向を同一方向以外に施す場合、配向処理の軌跡が同一方向でなくなるため筋目が目立ちにくくなる。

【0101】本発明の請求項11の発明によれば、電圧印加時のディスクリネーション防止のため基板の法線方向に対し数度傾斜して配向させた場合に液晶分子の傾斜方向にリターデーションが発生するが、基板付近の液晶分子の傾斜した方向が上下の基板付近で互いに $90^\circ$ の角度をなしているため、発生するリターデーションを打ち消すことができ、漏れ光が少ない黒表示が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態1における反射型液晶表示装置の断面構成図である。

【図2】本発明の実施形態2における透過反射両用型液晶表示装置の断面構成図である。

【図3】本発明の実施形態3における透過反射両用型液晶表示装置の断面構成図である。

【図4】本発明の実施形態1における反射型液晶表示装置のセルギャップ $d = 3.56 \mu\text{m}$ の垂直入射垂直受光時の分光反射率特性図である。

【図5】本発明の実施形態1における反射型液晶表示装置のセルギャップ $d = 4.5 \mu\text{m}$ の垂直入射垂直受光時の分光反射率特性図である。

【図6】本発明の実施形態1における反射型液晶表示装置の垂直入射垂直受光時の波長 $550 \text{nm}$ でのセルギャップとコントラスト比の関係図である。

(11)

19

【図7】本発明の実施形態1における反射型液晶表示装置の電極構成を示した図である。

【図8】本発明の実施形態2における反射型液晶表示装置の電極構成を示した図である。

【図9】本発明の実施形態2におけるセルギャップ $d = 3.56 \mu\text{m}$ の透過反射両用型液晶表示装置の透過領域での垂直入射垂直受光時の分光反射率特性図である。

【図10】本発明の実施形態2におけるセルギャップ $d = 4.5 \mu\text{m}$ の透過反射両用型液晶表示装置の透過領域での垂直入射垂直受光時の分光反射率特性図である。

【図11】本発明の実施形態2における透過反射両用型液晶表示装置の透過領域での垂直入射垂直受光時の波長 $550 \text{nm}$ でのセルギャップとコントラスト比の関係図である。

【図12】本発明の実施形態2における透過反射両用型

20

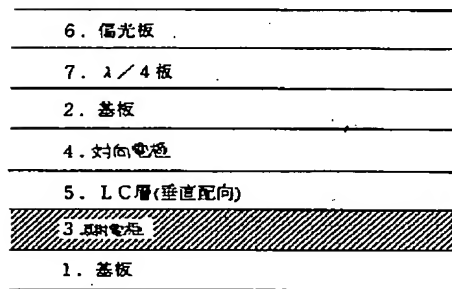
液晶表示装置の透過領域において $\lambda/4$ 板の遅延軸を偏光板の透過軸に $45^\circ$ 傾けた場合を $0^\circ$ とした場合の、 $\lambda/4$ 板の遅延軸の角度のずれとコントラスト比の関係図である。

【図13】本発明の実施形態1及び実施形態2の液晶表示装置における光の透過状態を説明する図である。

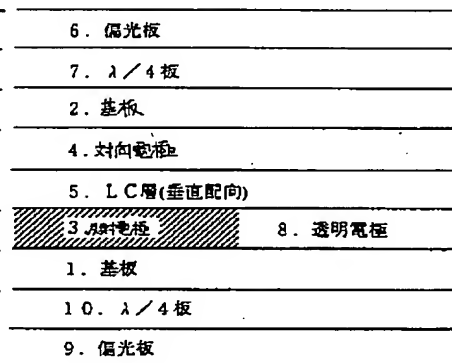
【符号の説明】

- 1、2 基板
- 3 反射電極
- 4 対向電極
- 5 液晶層（垂直配向）
- 6、9 偏光板
- 7、10  $\lambda/4$ 板
- 8 透明電極
- 11、12 光学補償層

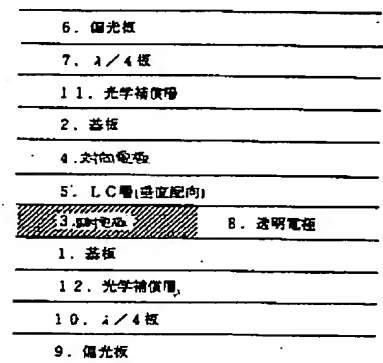
【図1】



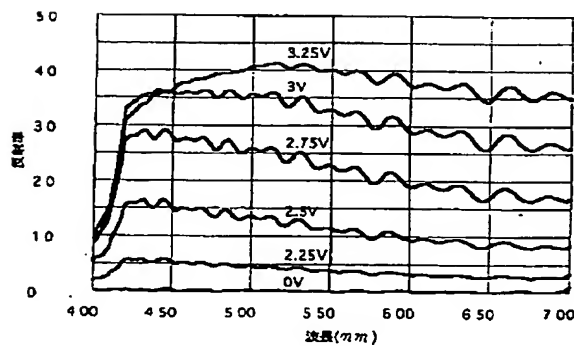
【図2】



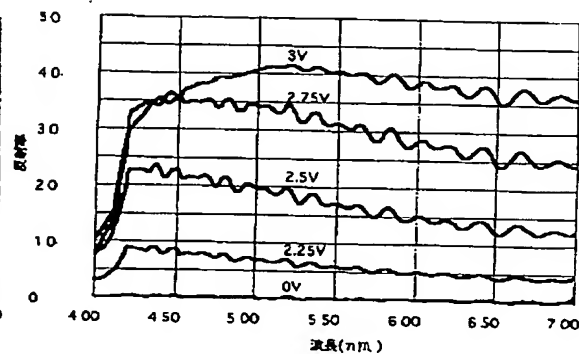
【図3】



【図4】

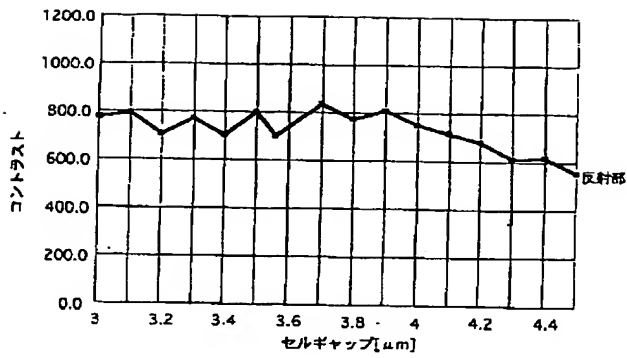


【図5】

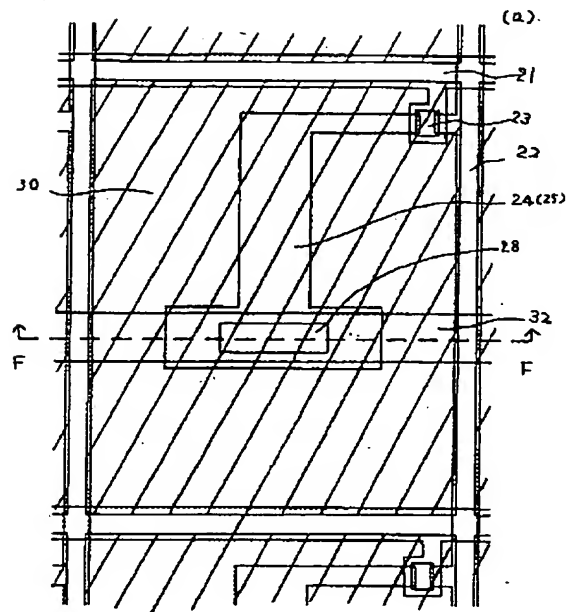


(12)

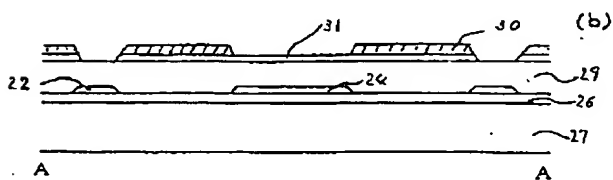
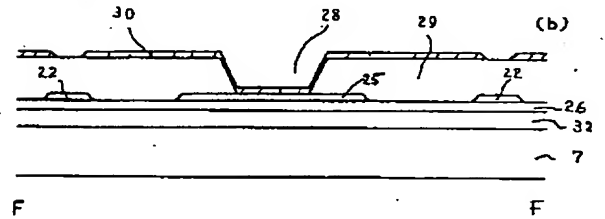
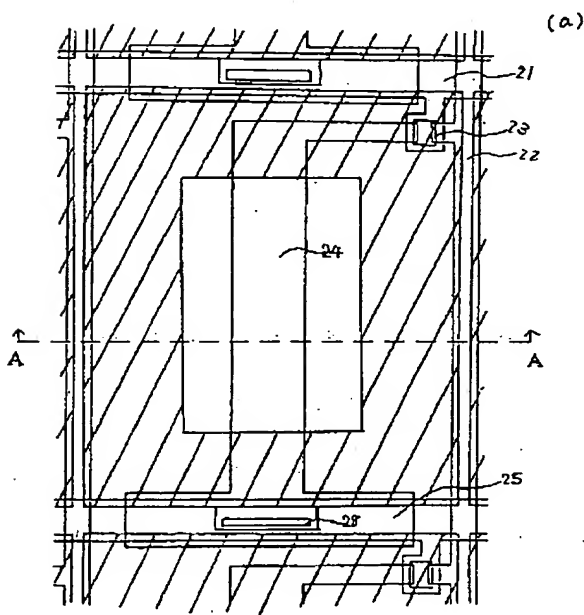
【図6】



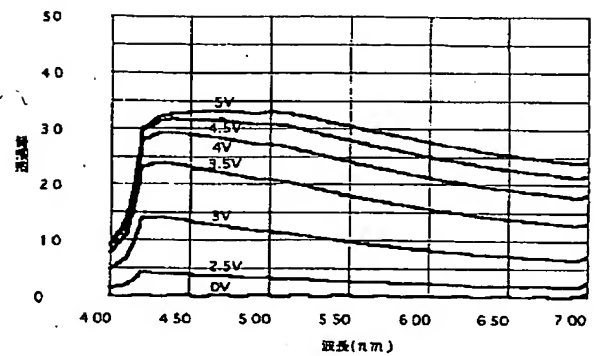
【図7】



【図8】

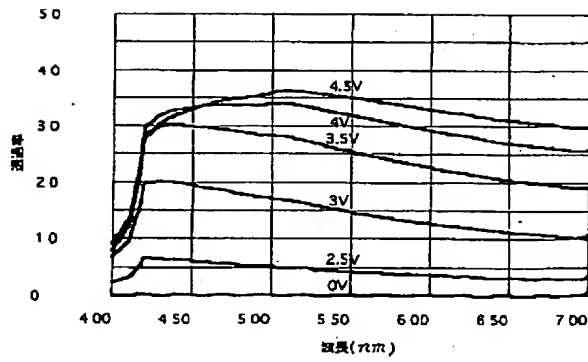


【図9】

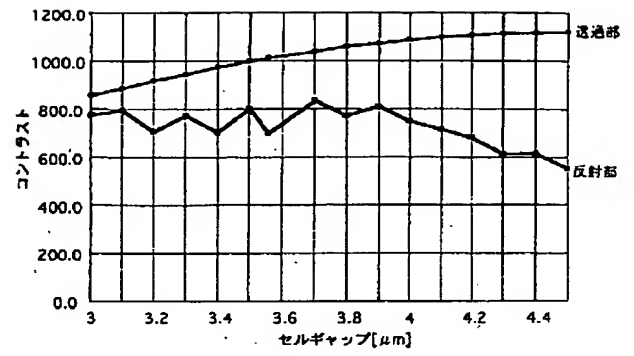


(13)

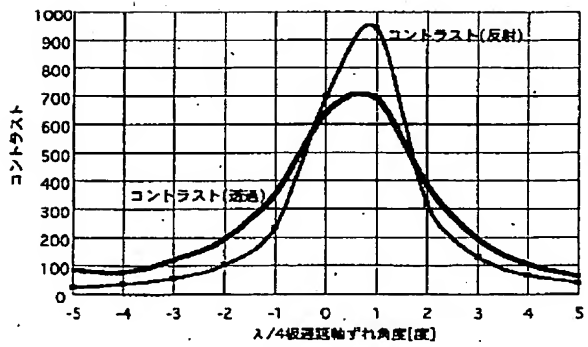
【図10】



【図11】



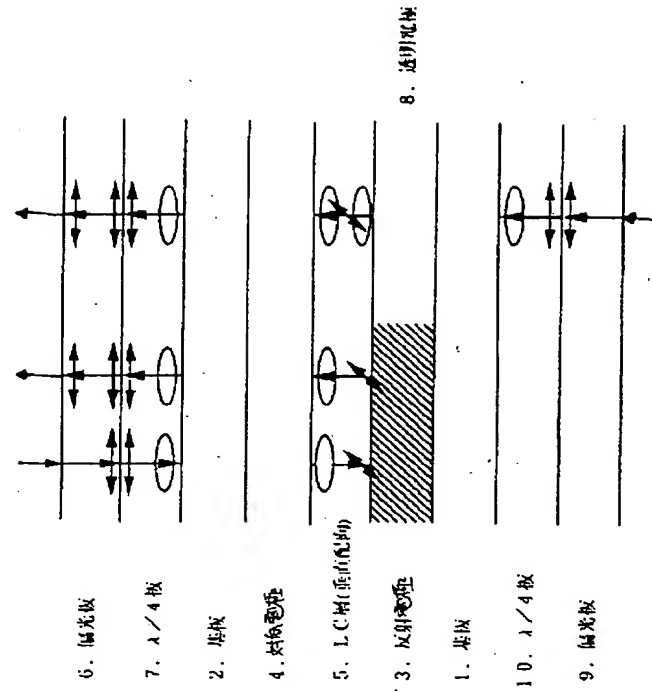
【図12】



(14)

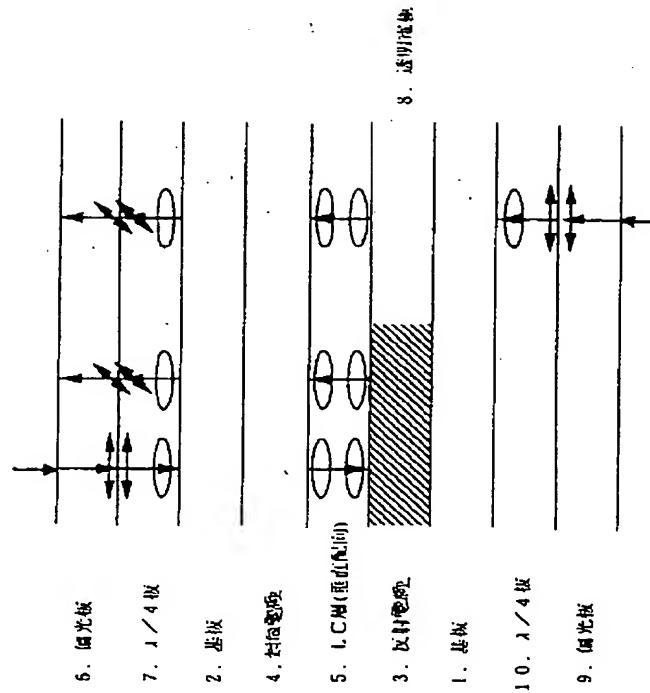
【図13】

明状態



(b)

黒状態



(a)

フロントページの続き

(72)発明者 藤岡 正悟  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(72)発明者 丸山 裕子  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(15)

(72)発明者 島田 尚幸  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内  
(72)発明者 吉村 洋二  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内  
(72)発明者 片山 幹雄  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(72)発明者 石井 裕  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内  
Fターム(参考) 2H049 BA02 BA07 BB03 BC22  
2H089 TA09 TA14 TA18  
2H091 FA08X FA08Z FA11X FA11Z  
FA14Y GA02 GA06 GA13  
KA02 KA05 LA17  
5C094 AA03 AA06 AA16 BA03 BA47  
CA19 CA23 CA25 DA13 EA04  
EA05 EA06 ED03 ED11 ED14  
ED20 FA03